UDC

中华人民共和国国家标准



P

GB 50094－2010

球形储罐施工规范

Code for construction of spherical tanks

2010－08－18 发布

2011－06－01 实施

中华人民共和国住房和城乡建设部
中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局
联合发布

中华人民共和国国家标准

球形储罐施工规范

Code for construction of spherical tanks

GB 50094-2010

主编部门：中 国 石 油 天 然 气 集 团 公 司
批准部门：中华人民共和国住房和城乡建设部
施行日期：2 0 1 1 年 6 月 1 日

中国计划出版社

2011 北 京

中华人民共和国国家标准

球形储罐施工规范

GB 50094-2010

☆

中国计划出版社出版

（地址：北京市西城区木樨地北里甲11号国宏大厦C座4层）

（邮政编码：100038　电话：63906433　63906381）

新华书店北京发行所发行

世界知识印刷厂印刷

850×1168毫米　1/32　3.25印张　82千字

2011年5月第1版　2011年5月第1次印刷

印数1—8000册

☆

统一书号：1580177·580

定价：20.00元

中华人民共和国住房和城乡建设部公告

第 740 号

关于发布国家标准《球形储罐施工规范》的公告

现批准《球形储罐施工规范》为国家标准，编号为GB 50094—2010，自 2011 年 6 月 1 日起实施。其中，第3.0.3、6.1.1、6.2.1、7.1.4、7.2.2、8.1.1、10.1.1 条为强制性条文，必须严格执行。原《球形储罐施工及验收规范》GB 50094—98 同时废止。

本规范由我部标准定额研究所组织中国计划出版社出版发行。

中华人民共和国住房和城乡建设部

二〇一〇年八月十八日

前　言

本规范是根据住房和城乡建设部《关于印发〈2008年工程建设标准规范制订、修订计划(第二批)〉的通知》(建标〔2008〕105号)的要求,由中国石油天然气第一建设公司会同有关单位共同对《球形储罐施工及验收规范》GB 50094—98进行修订而成。

本规范在修订过程中,规范编制组经广泛调查研究,认真总结实践经验,参考有关国内标准和国外先进标准,并广泛征求意见,最后经审查定稿。

本规范共分11章和3个附录。主要技术内容是:总则、术语、基本规定、零部件的检查和验收、现场组装、焊接、焊缝检查、焊后整体热处理、产品焊接试件、耐压试验和泄漏试验、交工资料等。

本次修订的主要内容:

1.球形储罐施工及验收工作界面的划分,球形储罐施工单位资质、质量管理体系的要求;有关零部件检查及验收的内容及相关质量要求;

2.组装过程及组装后部分几何尺寸偏差控制要求;

3.焊接材料复验控制指标、焊后几何尺寸控制要求;

4.增加了编制焊接工艺指导书的规定和清根后无损检测要求;

5.调整了无损检测的检测部位、检测比例、检测时机及合格判定标准;

6.焊后整体热处理温度,热处理过程中升、降温控制点,热电偶布置原则、位置和数量的要求;

7.耐压试验和泄漏试验步骤;

8.交工资料表格等。

本规范中以黑体字标志的条文为强制性条文，必须严格执行。

本规范由住房和城乡建设部负责管理和对强制性条文的解释，由石油工程建设专业标准化委员会负责日常管理，由中国石油天然气第一建设公司负责具体技术内容的解释。本规范在执行过程中如有意见或建议，请寄送中国石油天然气第一建设公司技术发展部（地址：河南省洛阳市关林，邮政编码：471023），以便今后修订时参考。

本规范主编单位、参编单位、参加单位、主要起草人和主要审查人：

主 编 单 位： 中国石油天然气第一建设公司

参 编 单 位： 大庆油田建设集团

参 加 单 位： 中国机械工业集团合肥通用机械研究院
中国石油海洋工程有限公司
甘肃蓝科石化高新装备股份有限公司
中国石油天然气第七建设公司
中国石化集团南京工程有限公司
中国石化集团第十建设公司
中国石油天然气管道局第二工程分公司
新疆石油工程建设有限责任公司
中国纺织工业设计院
中国市政工程华北设计研究总院
吉林亚新工程检测有限责任公司
中国石油工程技术研究院

主要起草人： 卫建良 张 扬 纪伯伟 杨亚星 刘家发
龚 华 李清君 李景诚

主要审查人： 许 强 刘希和 刘福录 代学彦 董家利
扈 拔 王苏沛 陈莉莉 茅建民 孙欣华
邹志宏 周长友 郑玉刚 李丽君

目　　次

Contents

1 总　　则

1.0.1 为使球形储罐在现场组焊施工中，做到技术先进、经济合理、安全适用、确保质量，制定本规范。

1.0.2 本规范适用于设计压力大于或等于0.1MPa且不大于4MPa、公称容积大于或等于$50m^3$以支柱支撑的碳素钢和合金钢钢制焊接球形储罐的施工。

本规范不适用于下列球形储罐的施工：

1 受核辐射作用的球形储罐；

2 非固定的球形储罐；

3 双层结构的球形储罐；

4 膨胀成形的球形储罐。

1.0.3 球形储罐施工采用的工程技术文件、承包合同文件中的施工技术要求不得低于本规范的规定。

1.0.4 球形储罐的施工除应符合本规范外，尚应符合国家现行有关标准的规定。

2 术　　语

2.0.1 计算厚度　calculated thickness

指按现行国家标准《钢制球形储罐》GB 12337 规定的有关公式计算得到的厚度。

2.0.2 设计厚度　design thickness

指计算厚度与腐蚀裕量之和。

2.0.3 名义厚度　nominal thickness

指设计厚度加上钢材厚度负偏差后向上圆整至钢材标准规格的厚度，即标注在图样上的厚度。

2.0.4 压力　pressure

除注明者外，均指表压力。

2.0.5 设计压力　design pressure

指设定的球形储罐顶部的最高压力，与相应的设计温度一起作为设计载荷条件，其值不低于工作压力。

2.0.6 试验压力　test pressure

指在耐压试验时，球形储罐顶部的压力。

2.0.7 低温低应力工况　low-temperature and low-stress condition

指壳体或其受压元件的设计温度虽低于或等于－20℃，但其环向薄膜应力小于或等于钢材标准常温屈服点的 1/6，且不大于 50MPa 时的工况。

3 基本规定

3.0.1 球形储罐的施工及验收应包括下列范围：

1 球壳及与其连接的受压零部件，应界定在下列范围内：

1)球形储罐接管与外部管道焊接连接的第一道环向接头坡口面；

2)球形储罐接管与外部管道螺纹连接的第一个螺纹接头；

3)球形储罐接管与外部管道法兰连接的第一个法兰密封面；

4)专用连接件或管件连接的第一个密封面。

2 球形储罐开孔的承压盖及其紧固件；

3 非受压元件与球壳连接的焊缝，以及支柱、拉杆和底板等。

3.0.2 对设计温度低于或等于－20℃的碳素钢和低合金钢制球形储罐，应符合本规范附录A的规定。

3.0.3 球形储罐施工单位必须获得球形储罐现场组焊许可，并应建立压力容器质量管理体系。

3.0.4 从事球形储罐现场组焊的施工单位在施工前，应书面告知工程所在地特种设备安全监督机构，并应接受政府监督机构授权的检验检测单位的监督检验。

3.0.5 施工单位向特种设备安全监督管理部门告知时，应至少提供下列文件的原件或带有施工单位印章的影印件供审查：

1 特种设备制造许可证(压力容器，A3)；

2 球形储罐安装质保工程师及责任人员任命文件；

3 焊工、无损检测人员的名单及资质证件；

4　为本工程编制的施工技术文件。

3.0.6　球形储罐应按设计图样进行施工。如需修改设计，应征得原设计单位的同意并取得设计修改文件。

4 零部件的检查和验收

4.1 零部件质量证明书的检查

4.1.1 施工单位应对制造单位提供的产品质量证明书等技术、质量文件进行检查。

4.1.2 球形储罐的质量证明书应包括下列内容：

1 制造竣工图样；

2 压力容器产品合格证；

3 产品质量证明文件应包括下列内容：

1)质量计划或检验计划；

2)主要受压元件材质证明书及复验报告；

3)材料清单；

4)材料代用审批证明；

5)结构尺寸检查报告；

6)焊接记录；

7)热处理报告及自动记录曲线；

8)无损检测报告；

9)产品焊接试件检验报告；

10)产品铭牌的拓印件或者复印件；

4 特种设备制造监督检验证书。

4.2 球壳板和试板的检查

4.2.1 球壳的结构型式应符合设计图样要求。每块球壳板本身不得拼接。

4.2.2 制造单位提供的球壳板表面不应有裂纹、气泡、结疤、折叠、夹杂、分层等缺陷，当存在裂纹、气泡、结疤、折叠、夹杂、分层等

缺陷时，应按本规范第6.5节的规定进行修补。

4.2.3 球壳板厚度应进行抽查。厚度应符合图样要求。抽查数量不应少于球壳板总数的20%，且每带不应少于2块，上、下极各不应少于1块；每张球壳板的检测不应少于5点。抽查若有不合格，应加倍抽查；若仍有不合格，应对球壳板逐张检查。

4.2.4 球壳板的外形尺寸应符合下列规定：

1 球壳板曲率检查(图4.2.4-1)所用的样板及球壳与样板允许间隙，应符合表4.2.4-1的规定。

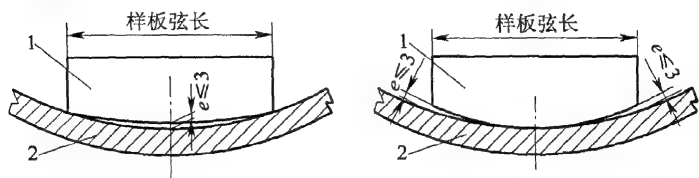


图4.2.4-1 球壳板曲率检查(单位：mm)

1—样板；2—球壳板

表4.2.4-1 样板及球壳板与样板允许间隙(mm)

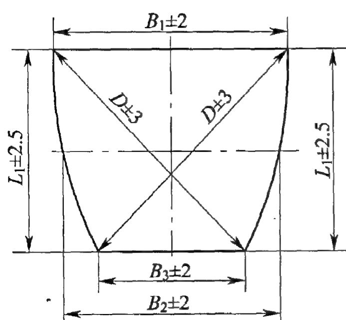
球壳板弦长	样板弦长	允许间隙
≥2000	2000	3
<2000	与球壳板弦长相同	3

2 球壳板几何尺寸(图4.2.4-2)允许偏差应符合表4.2.4-2的规定。

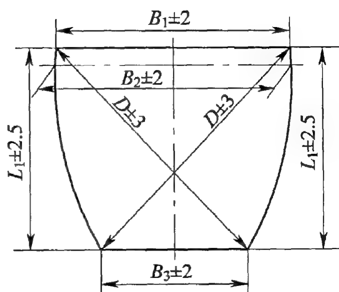
表4.2.4-2 球壳板几何尺寸允许偏差(mm)

项　　目	允 许 偏 差
长度方向弦长 L_1、L_2	±2.5
任意宽度方向弦长	±2
对角线弦长 D	±3
两条对角线间的距离	5

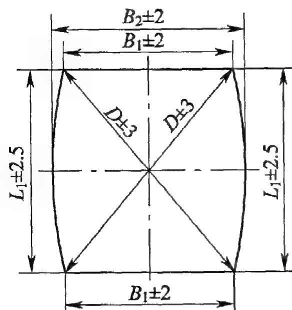
注：对刚性差的球壳板，可检查弧长，其允许偏差应符合表中前3项的规定。



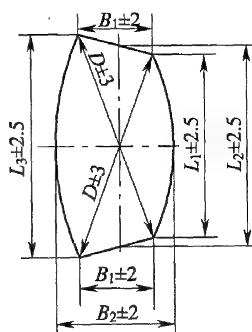
（a）温/寒带板



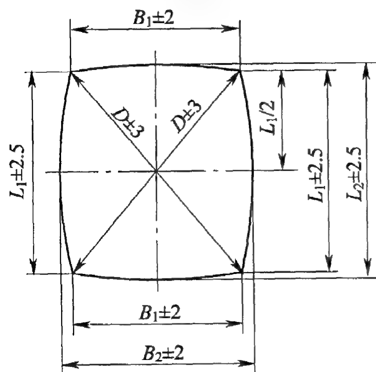
（b）赤道板1



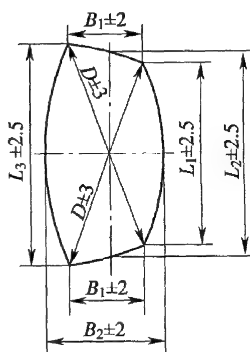
（c）赤道板2



（d）极侧板



（e）极中板



（f）极边板

图 4.2.4-2　球壳板几何尺寸(单位:mm)

4.2.5 球壳板焊接坡口应符合下列规定：

1 坡口表面质量应符合下列规定：

1）平面度应小于或等于球壳板名义厚度的 0.04 倍，且不得大于 1mm；

2）表面应平滑，表面粗糙度（R_a）应小于或等于 25μm；

3）缺陷间的极限间距应大于或等于 500mm；

4）熔渣与氧化皮应清除干净，坡口表面不应有裂纹和分层等缺陷。用标准抗拉强度下限值大于或等于 540N/mm^2 的钢材制造球壳板时，坡口表面应经磁粉或渗透检测抽查，不应有裂纹、分层和夹渣等缺陷；抽查数量不应少于球壳板数量的 20%，且每带不应少于 2 块，上、下极各不应少于 1 块；若有不允许的缺陷，应加倍抽查；若仍有不允许的缺陷，应逐件检测。

2 坡口几何尺寸（图 4.2.5）允许偏差应符合下列规定：

1）坡口角度的允许偏差为±2.5°；

2）坡口钝边及坡口深度的允许偏差为±1.5mm。

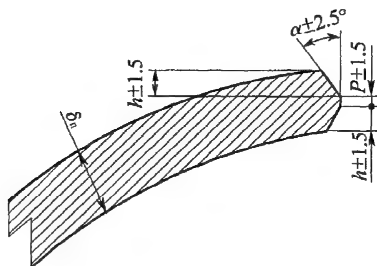


图 4.2.5　球壳板坡口几何尺寸（单位：mm）

4.2.6 球壳板周边 100mm 范围内应进行全面积超声检测抽查，抽查数量不应少于球壳板总数的 20%，且每带不应少于 2 块，上、下极各不应少于 1 块；对球壳板有超声检测要求的还应进行超声检测抽查，抽查数量应与周边抽查数量相同。检测方法应符合现行行业标准《承压设备无损检测》JB/T 4730 的有关规定，合格等

级应符合设计图样的要求。若有不允许的缺陷，应加倍抽查；若仍有不允许的缺陷，应逐件检测。

4.2.7 当相邻板的厚度差大于或等于 3mm 或大于其中的薄板厚度的 1/4 时，厚板边缘应削成斜边，削边后的端部厚度应等于薄板厚度(图 4.2.7)。

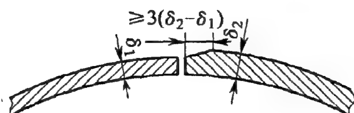


图 4.2.7 不同厚度的球壳板焊接时对厚板削薄的要求(单位：mm)

4.2.8 制造单位应提供每台球形储罐不少于 6 块的产品焊接试板，每块试板尺寸应为 180mm×650mm，试板的材料应合格，且应与球壳板具有相同标准、相同牌号、相同厚度和相同热处理状态。产品焊接试板的坡口型式应与球壳板相同。

4.3 支柱的检查

4.3.1 支柱全长长度允许偏差为 3mm。

4.3.2 支柱与底板焊接后应保持垂直，其允许偏差为 2mm(图 4.3.2)。

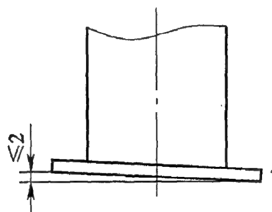


图 4.3.2 支柱与底板垂直度偏差(单位：mm)

4.3.3 支柱全长的直线度偏差应小于或等于全长的 1/1000，且不应大于 10mm。

4.3.4 现场组焊的上、下段支柱接口处最大与最小直径差，不应

大于支柱内直径的1%，且不应大于4mm。

4.4 组焊件的检查

4.4.1 分段支柱上段与赤道板组焊后，应采用弦长不小于1m的样板检查赤道板的曲率，其间隙不得大于3mm。上段支柱直线度的允许偏差为上段支柱长度的1/1000，轴线位置偏移不应大于2mm 。

4.4.2 组焊后，人孔、接管开孔位置及外伸长度的允许偏差、球壳板的曲率及接管法兰的安装允许偏差，应符合本规范第5.3.1条的要求。

4.5 零部件的油漆、包装和运输检查

4.5.1 除设计图样注明外，球壳板内外表面应除锈，并应各涂底漆两道，对坡口表面及其内外边缘50mm范围内应涂可焊性涂料或易去除的保护膜。每块球壳板上的球壳板编号、钢号及炉批号标记应以白色油漆框出。

4.5.2 运输及存放球壳板时，宜采用钢结构托架包装，并宜采用拉紧箍将球壳板紧箍在托架上；球壳板的凸面宜向上；各球壳板之间宜垫以木块等柔性材料，重叠块数不宜超过6块；每个包装件的总重不宜超过30t。

4.5.3 法兰、试板等宜装箱运输，拉杆等杆件宜集束包扎。

4.5.4 所有加工件表面应涂防锈油脂。拉杆螺纹应妥善保护。

4.5.5 球壳、支柱、拉杆等零部件的油漆、包装和运输的其他检查要求，应符合现行行业标准《压力容器涂敷与运输包装》JB/T 4711的有关规定。

5 现场组装

5.1 基础检查验收

5.1.1 球形储罐安装前应对基础各部位尺寸(图 5.1.1)进行检查和验收,其允许偏差应符合表 5.1.1 的规定。球形储罐的安装应在基础混凝土的强度不低于设计要求的 75%后进行。

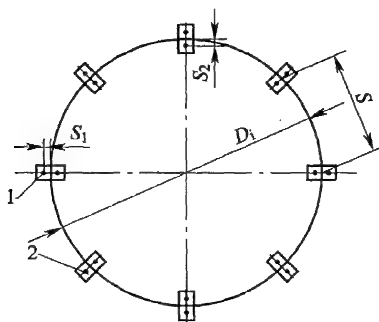


图 5.1.1 基础各部位尺寸

1—地脚螺栓;2—地脚螺栓预留孔

表 5.1.1 基础各部位尺寸允许偏差

项目		允许偏差
球壳中心圆直径 D_i	球形储罐容积<2000m³	±5mm
	球形储罐容积≥2000m³	$\pm D_i/2000$mm
基础方位		1°
相邻支柱基础中心距 S		±2mm
支柱基础上的地脚螺栓中心与基础中心圆的间距 S_1		±2mm
支柱基础上的地脚螺栓预留孔中心与基础中心圆的间距 S_2		±8mm

续表 5.1.1

项目			允许偏差
基础标高	采用地脚螺栓固定的基础	各支柱基础上表面的标高	$-D_i/1000$mm，且不低于−15mm
		相邻支柱的基础标高差	4mm
	采用预埋垫板固定的基础	各支柱基础垫板上表面标高	−3mm
		相邻支柱基础垫板标高差	3mm
单个支柱基础上表面的水平度		采用地脚螺栓固定的基础	5mm
		采用预埋垫板固定的基础地脚板	2mm

5.1.2 对于有热处理要求的球形储罐，应设置预埋垫板；预埋垫板的厚度及形式应符合设计要求。采用预埋垫板固定的基础允许尺寸偏差应符合表 5.1.1 的规定。

5.2 球形储罐组装

5.2.1 球形储罐组装时宜对每块球壳板和焊缝进行编号。球壳板的编号宜沿球形储罐 0°→ 90°→ 180°→270°→0° 进行编排，编号为 1 的球壳板宜放在 0° 上或与紧靠 0° 向 90° 方向偏转的位置上。当上、下极采用足球瓣式球壳板时，应画出上、下极的排版图，并应标出球壳板编号和焊缝编号。

球形储罐各部位名称应符合本规范第 B.0.1 条～第 B.0.3 条的规定，编号宜符合本规范第 B.0.4 条的规定；对于足球瓣式，极带的编号应符合上极带自上而下、下极带自下而上、按方位编号的要求，其代号可用 F 和 G 加数字组成。环焊缝编号可以环缝代号和下一带的球壳板号组成。

5.2.2 球形储罐组装时，可采用工卡具调整球壳组对间隙和错边量，不得进行强力组装。

5.2.3 球壳组对间隙、错边量和棱角应符合下列规定：

1 采用焊条电弧焊时，组对间隙宜为 2mm±2mm；采用药芯焊丝气体保护焊时，组对间隙宜为 3mm±1mm；采用其他焊接方法时，组对间隙应由焊接作业指导书确定；

2 球壳组对错边量不应大于球壳板的名义厚度的 1/4，且不得大于 3mm（图 5.2.3-1 和图 5.2.3-2），当两板厚度不等时，可不计入两板厚度的差值；

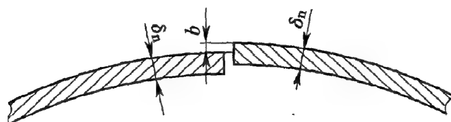


图 5.2.3-1 等厚度球壳板组装时的对口错边量

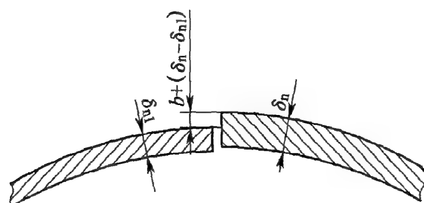


图 5.2.3-2 不等厚度球壳板组装时的对口错边量

3 应用弦长不小于 1m 的样板检查球壳组装后的棱角（图 5.2.3-3），棱角值应按下列公式计算，且不应大于 7mm：

$$E=L_1-L_2 \tag{5.2.3-1}$$

$$L_2=|R-R_0| \tag{5.2.3-2}$$

式中：E——棱角值（mm）；

L_1——最大棱角处球壳与样板的实测径向距离（mm）；

L_2——标准球壳与样板的径向距离（mm）；

R——球壳的设计内半径或外半径（mm）；

R_0——样板的曲率半径（mm）。

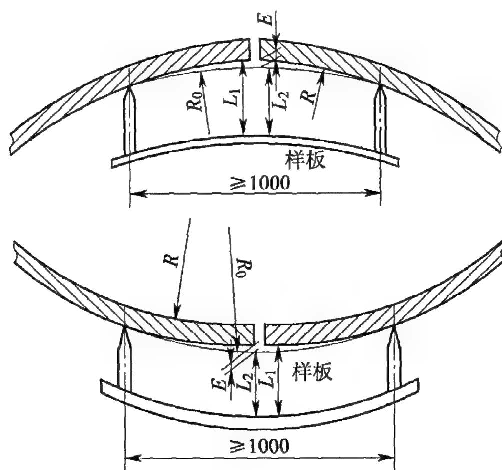


图 5.2.3-3 球壳板组装时的棱角检查(单位:mm)

4 组对间隙、错边量和棱角的检查宜沿对接接头每 500mm 测量一点。

5.2.4 球形储罐赤道带组装时，每块球壳板的赤道线水平误差不宜大于 4mm；相邻两块球壳板的赤道线水平误差不宜大于 5mm；任意两块球壳板的赤道线水平误差不宜大于 8mm。

5.2.5 球形储罐组装时，下列相邻焊缝的边缘距离不应小于球壳板厚度的 3 倍，且不应小于 100mm：

1 相邻两带的纵焊缝；

2 支柱与球壳的角焊缝至球壳板的对接焊缝；

3 球形储罐人孔、接管、补强圈和连接板等与球壳的连接焊缝至球壳板的对接焊缝及其相互之间的焊缝。

5.2.6 球形储罐赤道带组装后，赤道带每块球壳板的赤道线水平误差不宜大于 2mm；相邻两块球壳板的赤道线水平误差不宜大于 3mm；任意两块球壳板的赤道线水平误差不宜大于 6mm。

5.2.7 球形储罐组装时应对球形储罐的最大直径与最小直径之

差进行控制，两极间的内直径、赤道截面的最大内直径和最小内直径之间相互之差，均应小于设计内径的3‰，并应符合下列规定：

1 5000m^3 以下的球形储罐不应大于50mm；

2 5000m^3 及以上的球形储罐不应大于70mm。

5.2.8 支柱的安装应符合下列规定：

1 支柱用垫铁找正时，每组垫铁高度不应小于25mm，且不宜多于3块。斜垫铁应成对使用，并应接触紧密。找正完毕后，点焊应牢固。

2 支柱安装找正后，应在球形储罐径向和周向两个方向检查支柱的垂直度。当支柱高度小于或等于8m时，垂直度允许偏差为12mm；当支柱高度大于8m时，垂直度允许偏差为支柱高度的1.5‰，且不应大于15mm。

5.2.9 拉杆安装时应对称均匀拧紧。对拉杆中部的挠度宜按下式的计算值进行控制（图5.2.9）：

$$\Delta=5.42\times10^{-4}\times(L^4\cos\theta)^{1/3} \tag{5.2.9}$$

式中：Δ——拉杆中部的挠度（cm）；

L——拉杆两端销轴间距（cm）；

θ——拉杆仰角（°）。

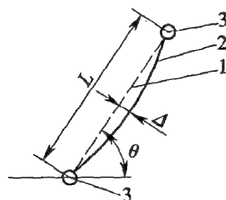


图5.2.9 拉杆中部挠度的测定

1—拉线；2—拉杆；3—销轴

5.3 零部件安装

5.3.1 人孔及接管等受压元件的安装，应符合下列规定：

1 开孔位置允许偏差为 5mm；

2 开孔直径与组装件直径之差宜为 2mm～5mm ；

3 接管外伸长度及位置允许偏差为 5mm；

4 除设计规定外，接管法兰面应与接管中心轴线垂直，且应使法兰面水平或垂直，其偏差不得超过法兰外径的 1%，且不应大于 3mm，法兰外径小于 100mm 时应按 100mm 计；

5 以开孔中心为圆心，开孔直径为半径的范围外，采用弦长不小于 1m 的样板检查球壳板的曲率，其间隙不得大于 3mm；

6 补强圈应与球壳板紧密贴合。

5.3.2 球壳上的连接板应与球壳紧密贴合，并应在热处理之前与球壳焊接。当连接板与球壳的角焊缝是连续焊缝时，应在不易流进雨水的部位留出 10mm 的通气孔隙。连接板安装位置的允许偏差为 10mm。

5.3.3 影响球形储罐焊后整体热处理及充水沉降的零部件，应在热处理及沉降试验完成后再与球形储罐固定。

5.3.4 球形储罐产品铭牌和注册铭牌应在设计图样指定的位置装设。

6 焊　　接

6.1 一般规定

6.1.1 从事球形储罐焊接的焊工，必须按有关安全技术规范的规定考核合格，并应取得相应项目的资格后，方可在有效期间内担任合格项目范围内的焊接工作。

6.1.2 选用的焊机应符合焊接工艺的要求。

6.1.3 当出现下列情况之一时，应采取有效的防护措施后再进行焊接：

1 雨天及雪天；

2 采用气体保护焊时风速超过2m/s，采用其他方法焊接时风速超过8m/s；

3 焊接环境温度在－5℃及以下；

4 相对湿度在90％及以上。

注：焊接环境的温度和相对湿度应在距球形储罐表面0.5m～1m处测量。

6.1.4 球形储罐的焊接方法宜采用焊条电弧焊、药芯焊丝自动焊和半自动焊。

6.2 焊接工艺评定及焊接作业指导书

6.2.1 球形储罐焊接前，施工单位必须有合格的焊接工艺评定报告。焊接工艺评定应符合现行行业标准《钢制压力容器焊接工艺评定》JB 4708的有关规定。

6.2.2 球形储罐焊接施工应使用经过评定合格的焊接工艺规程或根据焊接工艺评定报告编制的焊接作业指导书。

6.3 焊接材料的选用与现场管理

6.3.1 球形储罐施工选用的焊接材料应符合设计图样及焊接工

艺评定的要求，并应符合下列规定：

1 焊接材料应具有质量证明书，焊条和药芯焊丝质量证明书应包括熔敷金属的化学成分、力学性能、扩散氢含量等各项指标；

2 焊条应符合现行国家标准《碳钢焊条》GB/T 5117 和《低合金钢焊条》GB/T 5118 的有关规定；药芯焊丝应符合现行国家标准《碳钢药芯焊丝》GB/T 10045 的有关规定；

3 球壳的对接焊缝以及直接与球壳焊接的焊缝，采用焊条电弧焊时应选用低氢型药皮焊条；

4 焊条和药芯焊丝应按批号进行扩散氢复验，扩散氢试验方法应按现行国家标准《熔敷金属中扩散氢测定方法》GB/T 3965 的有关规定执行；烘干后的实际扩散氢含量应符合表 6.3.1 或设计文件的要求；

表 6.3.1 低氢型焊条和药芯焊丝的扩散氢含量

焊条和药芯焊丝型号	扩散氢含量(ml/100g)	
	甘油法	气相色谱法、水银法
E4315 E4316	≤8	≤12
E5015 E5016	≤6	≤10
E5015-X E5016-X	≤6	≤10
E5515-X E5516-X	≤6	≤10
E6015-X E6016-X	≤4	≤7
E7015-X E7016-X	≤4	≤7
药芯焊丝(H5)	—	≤5

5 用于保护的二氧化碳气体应符合现行行业标准《焊接用二氧化碳》HG/T 2537 的有关规定；用于保护的氩气应符合现行国家标准《氩》GB/T 4842 的有关规定。二氧化碳气体使用前，宜将气瓶倒置 24h，并应将水放净。

6.3.2 焊接材料现场管理应符合下列规定：

1 焊接材料应有专人负责保管、烘干和发放；焊材库房的设

置和管理应符合现行行业标准《焊接材料质量管理规程》JB/T 3223的有关规定；

2 焊条应按产品说明书的要求烘干；无要求时，低氢型焊条应按350℃～400℃恒温1h以上的要求烘干；烘干后的焊条应保存在100℃～150℃的恒温箱中随用随取，焊条表面药皮应无脱落和明显裂纹；

3 焊条电弧焊时，焊条应存放在合格的保温筒内，且保存时间不应超过4h；当超过时，应按原烘干温度重新烘干；焊条重复烘干次数不应超过两次；

4 焊丝在使用前应清除铁锈和油污等。

6.4 焊接施工

6.4.1 焊接前应检查坡口，并应在坡口表面和两侧至少20mm范围内清除铁锈、水分、油污和灰尘。

6.4.2 预热和后热应符合下列规定：

1 预热温度应按焊接工艺规程或焊接作业指导书执行，常用钢材可按表6.4.2选用。

表6.4.2 常用钢材预热温度

<table>
<tr><th>温度(℃) / 钢种 / 厚度(mm)</th><th>Q245R</th><th>Q345R
16MnDR</th><th>Q370R</th><th>07MnCrMoVR
07MnNiMoVDR</th></tr>
<tr><td>20</td><td>—</td><td>—</td><td>—</td><td rowspan="4">50～100</td></tr>
<tr><td>25</td><td>—</td><td>—</td><td rowspan="2">75～125</td></tr>
<tr><td>32</td><td>—</td><td>75～125</td></tr>
<tr><td>38</td><td>75～125</td><td>100～150</td><td rowspan="2">100～150</td></tr>
<tr><td>50</td><td>100～150</td><td>125～175</td><td>75～100</td></tr>
</table>

2 要求焊前预热的焊缝，施焊时层间温度不得低于预热温度的下限值。

3 符合下列条件之一的焊缝，焊后应立即进行后热处理：

1)厚度大于 32mm 且材料标准抗拉强度下限值大于或等于 540N/mm^2；

2)厚度大于 38mm 的低合金钢；

3)嵌入式接管与球壳的对接焊缝；

4)焊接工艺规程或焊接作业指导书确定需要后热处理者；

5)设计文件要求进行后热处理者。

4 后热处理应按设计文件、焊接工艺规程或焊接作业指导书执行，无要求时应符合下列规定：

1)后热温度应为 200℃～250℃；

2)后热时间应为 0.5h～1.0h。

5 预热和后热温度应均匀，在焊缝中心两侧，预热区和后热区的宽度应各为板厚的 3 倍，且不应小于 100mm。

6 预热和后热及层间温度测量，应在距焊缝中心 50mm 处对称测量，每条焊缝测量点数不应少于 3 对。

7 对不需要预热的焊缝，当焊件温度低于 0℃ 时，应在始焊处 100mm 范围内加热至 15℃。

8 预热和后热可选用电加热法或火焰加热法，预热和后热宜在焊缝焊接侧的背面进行。

6.4.3 定位焊及工卡具的焊接应符合下列规定：

1 应按焊接工艺规程或焊接作业指导书施焊；

2 需要预热时，应在以焊接处为中心，至少在半径 150mm 范围内进行预热；

3 定位焊宜在初焊层的背面，定位焊的质量要求应与正式焊缝相同，当出现裂纹时应清除；

4 定位焊长度不应小于 80mm，间距宜为 300mm～500mm，定位焊的引弧和熄弧都应在坡口内；

5 工卡具等临时焊缝焊接时，引弧和熄弧点均应在工卡具或焊缝上，严禁在非焊接位置引弧和熄弧。

6.4.4 焊接线能量的确定和控制应符合下列规定：

1 焊接线能量应根据球壳板的材质、厚度、焊接位置和预热温度等，由焊接工艺规程或焊接作业指导书确定；对于标准抗拉强度下限值大于或等于 540N/mm² 的钢材及厚度大于 38mm 的碳素钢和厚度大于 25mm 的低合金钢的焊接线能量，应进行测定和严格控制；

2 焊接线能量的控制应按下式计算结果进行：

$$Q=\frac{60IU}{V} \tag{6.4.4}$$

式中：Q——焊接线能量(J/cm)；

I——焊接电流(A)；

U——电弧电压(V)；

V——焊接速度(cm/min)。

3 焊条电弧焊时，可由允许线能量范围预先确定的每根焊条的焊道长度范围进行线能量的控制；

4 药芯焊丝自动焊和半自动焊，可根据焊接工艺规程或焊接作业指导书选用合适的焊接速度进行线能量控制。

6.4.5 球形储罐焊接顺序、焊工布置或焊接位置应符合下列规定：

1 球形储罐采用分带组装时，宜在平台上焊接各带的纵缝，然后组装成整体，再进行各带间环缝的焊接；

2 球形储罐采用分片组装时，应按先纵缝后环缝的原则安排焊接顺序；

3 采用焊条电弧焊时，焊工布置应对称均匀，并应同步焊接；

4 采用药芯焊丝自动焊和半自动焊时，焊接位置应对称均布，并应同步焊接。

6.4.6 采用焊条电弧焊的双面对接焊缝，单侧焊接后应进行背面清根。当采用碳弧气刨清根时，清根后应采用砂轮修整刨槽和磨除渗碳层，并应采用目视、磁粉或渗透检测方法进行检查。标准抗

拉强度下限值大于或等于 540N/mm² 的钢材采用碳弧气刨清根时，应进行预热，预热温度与焊接预热应相同。

6.4.7 焊接时起弧端应采用后退起弧法，收弧端应将弧坑填满，多层焊的层间接头应错开。

6.4.8 每条焊缝中断焊接时，应根据工艺要求采取防止产生裂纹的措施；重新施焊前应目视检查确认无裂纹，必要时应进行磁粉或渗透检测，并应在合格后再继续施焊。

6.4.9 施工单位应在焊接记录（含焊缝布置图）中记录焊工代号，如需要或有要求时还应在焊缝附近的指定部位打上焊工代号钢印（不允许打钢印的球形储罐除外）。

6.4.10 球壳与垫板、支柱等零部件的焊接应符合下列规定：

1 支柱、垫板等与球壳板的焊接，焊接材料应采用与强度较低侧钢材相匹配的焊接材料，焊接工艺应与强度较高侧钢材的焊接工艺相同；设计图样有规定时，应按设计图样执行；

2 球壳与垫板、支柱的角焊缝应平缓过渡。

6.5 修补

6.5.1 球形储罐在制造、运输和施工中所产生的各种不合格缺陷都应进行修补。

6.5.2 表面缺陷的修补应符合下列规定：

1 球壳表面缺陷及工卡具焊迹应采用砂轮清除。修磨后的实际厚度不应小于设计厚度，磨除深度应小于球壳板名义厚度的 5%，且不应超过 2mm。当超过时，应进行焊接修补。

2 球壳板表面缺陷进行焊接修补时，每处修补面积应在 50cm² 以内；当有两处或两处以上修补时，任何两处的边缘距离应大于 50mm，且每块球壳板表面修补面积总和应小于该球壳板面积的 5%。当划伤及成形加工产生的表面伤痕等缺陷的形状比较平缓时，可直接进行焊接修补。当直接堆焊可能导致裂纹产生时，应采用砂轮将缺陷清除后再进行焊接修补。表面缺陷焊接修补后

焊缝表面应打磨平缓或加工成具有 1∶3 及以下坡度的平缓凸面，且高度应小于 1.5mm。

3 焊缝表面缺陷应采用砂轮磨除，缺陷磨除后的焊缝表面若低于母材，则应进行焊接修补。当焊缝表面缺陷不需补焊时，应打磨平滑或加工成具有 1∶3 及以下坡度的斜坡。

4 焊缝两侧的咬边和焊趾裂纹应采用砂轮磨除，并应打磨平滑或加工成具有 1∶3 及以下坡度的斜坡(图 6.5.2-1)，咬边和焊趾裂纹的磨除深度不得大于 0.5mm，且磨除后球壳的实际板厚不得小于设计厚度，当不符合要求时应进行焊接修补。

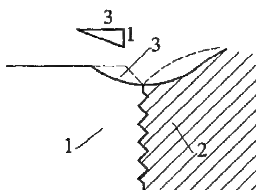


图 6.5.2-1 焊缝两侧的焊接缺陷用砂轮修磨示意

1—母材；2—焊缝金属；3—修磨后的表面

5 焊缝咬边和焊趾裂纹等表面缺陷进行焊接修补时，应采用砂轮将缺陷磨除，并应修整成便于焊接的凹槽，再进行焊接。补焊长度不得小于 50mm。材料标准抗拉强度下限值大于或等于 540N/mm^2 的球形储罐，在修补焊道上应加焊一道凸起的回火焊道(图 6.5.2-2)，焊后应再磨去多余的焊缝金属。

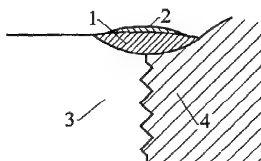


图 6.5.2-2 焊接修补的回火焊道

1—修补焊道；2—回火焊道；3—母材；4—焊缝金属

6 焊接修补时如需预热，应以修补处为中心，在半径为

150mm 的范围内预热，预热温度应取上限。焊接线能量应在焊接工艺规程或焊接作业指导书规定的范围内；焊接短焊缝时线能量不应取下限值；焊接修补后，有后热处理要求时应立即进行。

6.5.3 焊缝内部缺陷的修补应符合下列规定：

1 应根据产生缺陷的原因，选用适用的焊接方法，并应制定修补工艺；

2 修补前宜采用超声检测确定缺陷的位置和深度，确定修补侧；

3 当内部缺陷的清除采用碳弧气刨时，应采用砂轮清除渗碳层，打磨成圆滑过渡，并应经渗透检测或磁粉检测合格后再进行焊接修补；气刨深度不应超过板厚的 2/3，当缺陷仍未清除时，应在焊接修补后，从另一侧气刨；

4 修补焊缝长度不得小于 50mm；

5 采用碳弧气刨清除缺陷和焊接修补时如需预热，预热温度应取要求值的上限；有后热处理要求时，焊后应立即进行后热处理；线能量应控制在规定范围内，焊短焊缝时，线能量不应取下限值；

6 同一部位修补不宜超过两次，对经过两次修补仍不合格的焊缝，应采取可靠的技术措施，并应经施工单位技术负责人批准后再修补；

7 要求焊后消除应力热处理的球形储罐，应在热处理前完成焊接修补；

8 焊接修补的部位、次数和检测结果应作记录。

6.5.4 球形储罐修补后应按下列规定进行无损检测：

1 各种缺陷清除和焊接修补后均应进行磁粉或渗透检测；

2 当表面缺陷焊接修补深度超过 3mm 时（从球壳板表面算起）应进行射线检测；

3 焊缝内部缺陷修补后，应进行射线检测或超声检测，选用的方法应与修补前发现缺陷的方法相同。

6.6 球形储罐焊后尺寸检查

6.6.1 焊接后，棱角应按本规范第5.2.3条第3款的方法进行检查，棱角不得大于10mm。

6.6.2 焊接后，应检查球壳两极间及赤道截面的内直径，并应符合下列规定：

1 两极间的内直径、赤道截面的最大内直径和最小内直径之间相互之差，均应小于设计内径的7‰，并应符合下列规定：

1）5000m^3 以下的球形储罐不大于80mm；

2）5000m^3 及以上的球形储罐不大于100mm。

2 两极间的内直径、赤道截面的最大内直径和最小内直径与设计内直径之差，均应小于设计内径的7‰，并应符合下列规定：

1）5000m^3 以下的球形储罐不大于80mm；

2）5000m^3 及以上的球形储罐不大于100mm。

6.6.3 焊后球形储罐支柱的垂直度应符合本规范第5.2.8条第2款的规定。

7 焊缝检查

7.1 一般规定

7.1.1 焊接后应对焊缝进行外观检查，焊缝外观质量应符合下列规定：

1 焊缝表面应无熔渣皮、飞溅等物；

2 焊缝和热影响区表面不得有裂纹、气孔、未熔合、咬边、夹渣、凹坑、未焊满等缺陷；

3 角焊缝的焊脚尺寸应符合设计图样要求，外形应圆滑过渡；

4 焊缝的宽度应比坡口每边增宽 1mm～2mm；

5 按疲劳分析设计的球形储罐，对接焊缝表面应与母材表面平齐，不应保留余高；其他球形储罐的对接焊缝的余高应符合表 7.1.1 的要求，低温球形储罐对接焊缝余高应符合本规范附录 A 的要求。

表 7.1.1 对接焊缝余高(mm)

坡口深度 δ	焊缝余高	
	焊条电弧焊	药芯焊丝气体保护
≤12	0～1.5	0～3
12<δ≤25	0～2.5	0～3
25<δ≤50	0～3	0～3
>50	0～4	0～3

注：单面焊时，坡口深度为母材厚度；双面焊时，坡口深度为坡口钝边中点至母材表面的深度，两侧分别计算。

7.1.2 工卡具去除后的表面，不得有裂纹、气孔、咬边、夹渣、凹坑、未焊满等缺陷。

7.1.3 有延迟裂纹倾向的材料和钢材标准抗拉强度下限值大于或等于 540N/mm² 钢材制造的球形储罐的对接焊缝的无损检测，应在焊接完成 36h 后进行，其他钢材制造的球形储罐应在焊后 24h 进行。

7.1.4 从事球形储罐无损检测人员，必须取得相应资格证书后才能承担与资格证书的种类和技术等级相对应的无损检测工作。

7.2 射线检测和超声检测

7.2.1 焊缝的射线检测和超声检测应按现行行业标准《承压设备无损检测》JB/T 4730 的有关规定执行。射线检测可采用 X 射线和 γ 射线；超声检测可采用衍射时差法超声检测、可记录的脉冲反射法超声检测和不可记录的脉冲反射法超声检测。当采用不可记录的脉冲反射法超声检测时，应采用射线检测或衍射时差法超声检测作为附加局部检测。

7.2.2 符合下列条件之一的球形储罐球壳的对接焊缝或所规定的焊缝，必须按设计图样规定的检测方法进行 100%的射线或超声检测：

1 设计压力大于或等于 1.6MPa、且划分为第Ⅲ类压力容器的球形储罐；

2 按分析设计标准设计的球形储罐；

3 采用气压或气液组合耐压试验的球形储罐；

4 钢材标准抗拉强度下限值大于或等于 540N/mm² 的球形储罐；

5 设计图样规定应进行全部射线或者超声检测的球形储罐；

6 嵌入式接管与球壳连接的对接焊缝；

7 以开孔中心为圆心、开孔直径的 1.5 倍为半径的圆内包容的焊缝，以及公称直径大于 250mm 的接管与长颈对焊法兰、接管与接管连接的焊缝；

8 被补强圈和垫板所覆盖的焊缝。

7.2.3 球壳对接焊缝的局部检测方法应按设计文件执行，检查长度不得少于各焊缝长度的20%，局部检测部位应包括所有的焊缝交叉部位及每个焊工所施焊的部分部位。

7.2.4 焊缝复检应符合下列规定：

1 进行100%射线检测或超声检测且钢材标准抗拉强度下限值大于或等于540N/mm²、厚度大于20mm的球形储罐，应采用与原检测方法不同的检测方法进行复检；

2 钢材标准抗拉强度下限值大于或等于540N/mm²的低合金钢制球形储罐，热处理后的复检应符合设计图样的规定；

3 设计图样规定应复检的球形储罐；

4 复检比例不应少于被检焊缝长度的20%，复检部位应包括所有的焊缝交叉部位。

7.2.5 球形储罐焊缝的射线或超声检测应符合现行行业标准《承压设备无损检测》JB/T 4730的有关规定，其质量要求和合格级别应符合下列规定：

1 进行100%无损检测的对接焊缝，采用射线检测时，射线检测技术等级不应低于AB级，合格级别不应低于Ⅱ级；采用脉冲反射法超声检测时，超声检测技术等级不应低于B级，合格级别不应低于Ⅰ级；

2 按设计图样要求进行局部无损检测的对接焊缝，采用射线检测时，射线检测技术等级不应低于AB级，合格级别不应低于Ⅲ级；采用脉冲反射法超声检测时，超声检测技术等级不应低于B级，合格级别不应低于Ⅱ级；

3 采用衍射时差法超声检测的对接焊缝，合格级别不应低于Ⅱ级。

7.2.6 经100%射线或超声检测的对接焊缝检出超标缺陷时，应清除缺陷并在焊接修补后，对焊接修补部位按原检测方法重新检测，直至合格。局部检测的对接焊缝，在检测部位发现超标缺陷时，应在该检测部位两端的延伸部位分别增加不少于250mm的

补充检测；若仍存在不允许的缺陷，应对该焊缝进行全部检测。

7.2.7 焊缝进行射线检测或超声检测时，应按设计图样和焊缝排版图对受检部位标位，射线检测应画布片示意图。焊缝射线检测底片的编号宜由焊缝编号和底片顺序号构成。纵焊缝的底片顺序号宜从上至下为1、2、3……，环焊缝的底片顺序号宜按0°→90°→180°→270°→0°对应编为1、2、3……。

7.3 表面无损检测

7.3.1 球形储罐的下列部位应在耐压试验前进行磁粉检测或渗透检测，球形储罐需焊后整体热处理时，应在热处理前进行磁粉检测或渗透检测，宜优先采用磁粉检测：

1 球壳对接焊缝内、外表面，人孔、接管的凸缘与球壳板对接焊缝内、外表面；

2 人孔及公称直径大于或等于250mm接管的对接焊缝的内、外表面；公称直径小于250mm接管的对接焊缝的外表面；

3 人孔、接管与球壳板连接的角焊缝内、外表面；

4 补强圈、垫板、支柱及其他角焊缝的外表面；

5 工卡具焊迹打磨后及球壳缺陷焊接修补和打磨后的部位。

7.3.2 球形储罐热处理后和耐压试验后的磁粉检测或渗透检测的复检比例应符合设计图样要求。要求进行局部复检的球形储罐，复检部位应包括对接焊缝交叉部位，接管与球壳板连接焊缝的内外表面，补强圈、垫板、支柱与球壳连接的角焊缝及其他角焊缝的外表面，工卡具焊迹打磨和壳体缺陷焊接修补和打磨后的部位。

7.3.3 钢材标准抗拉强度下限值大于或等于540N/mm^{2}的低合金钢制球形储罐，应在热处理后和耐压试验后进行100%表面无损检测。

7.3.4 磁粉检测和渗透检测应按现行行业标准《承压设备无损检测》JB/T 4730的有关规定执行。

7.3.5 磁粉检测和渗透检测部位不应有任何裂纹和白点，其他缺

陷应符合现行行业标准《承压设备无损检测》JB/T 4730 规定的Ⅰ级。

7.3.6 磁粉检测和渗透检测发现的超标缺陷，应按本规范第6.5.2条的规定进行修磨或焊接修补，并应对该部位按原检测方法重新检查，直至合格。对局部表面检测、热处理和耐压试验后复检发现的超标缺陷，应在该缺陷两端的延伸部位增加检测长度，增加的长度应为该焊缝长度的10%且不应少于250mm；若仍存在不允许的缺陷，则应对该焊接接头进行全部检测。

8 焊后整体热处理

8.1 一般规定

8.1.1 符合下列情况之一的球形储罐必须在耐压试验前进行焊后整体热处理：

1 设计图样要求进行焊后整体热处理的球形储罐；

2 盛装具有应力腐蚀及毒性程度为极度危害或高度危害介质的球形储罐；

3 名义厚度大于34mm(当焊前预热100℃及以上时，名义厚度大于38mm)的碳素钢制球形储罐和07MnCrMoVR钢制球形储罐；

4 名义厚度大于30mm(当焊前预热100℃及以上时，名义厚度大于34mm)的Q345R和Q370R钢制球形储罐；

5 任意厚度的其他低合金钢球形储罐。

8.1.2 球形储罐整体热处理前，应具备下列条件：

1 与球形储罐受压件连接的焊接工作全部完成；

2 热处理前的各项无损检测工作全部完成；

3 产品焊接试件已放置在球形储罐热处理过程中高温区的外侧；

4 加热系统已调试合格；

5 与热处理无关的接管已采用盲板封堵；

6 球形储罐与梯子、平台等部件连接的螺栓松开；

7 已采取防雨、防风、防火和防停电等预防措施。

8.2 热处理工艺

8.2.1 热处理温度应符合设计图样要求。当设计图样无要求时，

常用钢材热处理温度可按表 8.2.1 的规定选用。

表 8.2.1 常用钢材热处理温度

材　　质	热处理温度(℃)
Q245R	600±25
Q345R	600±25
Q370R	565±25
07MnCrMoVR、07MnNiMoVDR	565±20

8.2.2 热处理时，最少恒温时间应按最厚球壳板对接焊缝厚度的每 25mm 保持 1h 计算，且不应少于 1h。

8.2.3 加热时，在 400℃及以下可不控制升温速度；在 400℃以上，升温速度宜控制为 50℃/h～80℃/h，球壳表面上任意两测温点的温差不得大于 120℃。

8.2.4 降温时，从热处理温度到 400℃的降温速度宜控制为 30℃/h～50℃/h，400℃以下可在空气中自然冷却。

8.3 保温要求

8.3.1 热处理时应根据热处理温度和工艺、材料容重、导热系数合理选择保温材料和厚度。

8.3.2 保温材料应保持干燥，不得受潮。

8.3.3 保温层应紧贴球壳表面，局部间隙不宜大于 20mm，接缝应严密。多层保温时，各层接缝应错开，在热处理过程中保温层不得松动脱落。

8.3.4 球形储罐上的人孔、接管、连接板均应进行保温，从支柱与球壳连接焊缝的下端算起，向下不少于 1m 长度范围内的支柱应进行保温。

8.3.5 在恒温时间内，保温层外表面温度不宜大于 60℃。

8.4 测温系统

8.4.1 测温点应均匀的布置在球壳表面上，相邻两测温点的间距

不宜大于4.5m，测温点数不应少于表8.4.1的规定，且应在距上、下人孔与球壳板环焊缝边缘200mm范围内各设1个测温点，每个产品焊接试件应设1个测温点。

表8.4.1 测温点数

球形储罐容积(m^3)	测温点数(个)
50	8
120	10
200	10
400	14
650	22
1000	25
1500	30
2000	32
2500	36
3000	40
4000	45
≥5000	50

注：表中测温点数不包括产品试件的测温点。

8.4.2 测温用的热电偶可采用储能焊或螺栓固定于球壳外表面上(图8.4.2)，热电偶和补偿导线应固定。

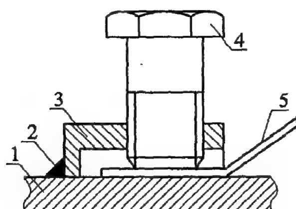


图8.4.2 测温热电偶螺栓固定方法

1—开槽螺母；2—点焊焊缝；3—球壳板；4—螺栓；5—热电偶

8.4.3 热处理时，应对热处理温度进行连续自动记录。热电偶及

记录仪表应经过校准并在有效周期内，准确度应至少达到±1%的要求。

8.5 柱脚处理

8.5.1 热处理时，应松开拉杆及地脚螺栓，并应在支柱底部设置移动装置和位移测量装置。

8.5.2 热处理过程中，应监测实际位移值及支柱垂直度，及时调整支柱使其处于垂直状态。移动柱脚时应平稳缓慢。

8.5.3 热处理后，应测量并调整支柱垂直度和拉杆挠度，其允许偏差值应符合本规范第5.2.8和第5.2.9条的规定。

9 产品焊接试件

9.1 产品焊接试件的制备要求

9.1.1 试板的标准、钢号、厚度及热处理工艺均应与球壳板相同。

9.1.2 产品焊接试件应由施焊球形储罐的焊工，并应在与球形储罐焊接相同的条件和相同的焊接工艺情况下焊接。

9.1.3 每台球形储罐应按施焊位置做横焊、立焊和平焊加仰焊位置的产品焊接试件各一块，试件尺寸宜为 360mm×650mm。

9.1.4 试件焊缝应经外观检查和 100%射线检测或超声检测，并应符合本规范第 7.3.5 条的规定；取样时应避开焊接缺陷。

9.1.5 焊后需热处理的球形储罐，其产品焊接试件应与球形储罐一起进行热处理。

9.2 试样的制备和试验

9.2.1 试样的尺寸、截取、试验方法及合格指标，应符合现行行业标准《钢制压力容器产品焊接试板的力学性能检验》JB 4744 的有关规定。

9.2.2 对于厚度大于 25mm 的 Q245R 钢板，以及厚度大于 38mm 的 Q345R、Q370R、07MnCrMoVR 钢板制造的球形储罐，当设计温度低于 0℃时，试样应按球形储罐的设计温度或设计图样要求的试验温度进行焊缝金属和焊接热影响区的夏比（V 型缺口）低温冲击试验。

9.2.3 当产品焊接试件的拉伸、弯曲性能试验不合格时，可允许复验。对不合格的项目应取双倍试样进行复验，合格指标应符合现行行业标准《钢制压力容器产品焊接试板的力学性能检验》JB 4744 的有关规定。

9.2.4 当产品焊接试件的冲击试验结果不满足要求时，可允许复验。对不合格的项目再取一组3个试样进行试验。合格指标应为前后两组6个试样的冲击功平均值不得低于规定值，可允许有2个试样的冲击功小于规定值，但其中小于规定值70%的应只有1个。

9.2.5 若冲击试样断口表面由于存在无损检测允许（未超标）的缺陷而导致冲击功不合格时，则该试样作废，可重新试验；由于实验条件不佳或操作不当造成某项试验不合格时，则该试验作废，可重新试验。

9.2.6 当产品焊接试件的力学性能试验的复验结果仍不合格时，则该球形储罐的产品焊接试件应判为不合格。当产品试件判为不合格时，应分析原因，可将试件及其所代表的球形储罐重新按照修正的热处理工艺进行热处理。

10 耐压试验和泄漏试验

10.1 耐压试验

10.1.1 球形储罐必须按设计图样规定的试验方法进行耐压试验。耐压试验应包括液压试验、气压试验和气液组合试验。

10.1.2 球形储罐在耐压试验前应具备下列条件：

1 球形储罐和零部件焊接工作全部完成并经检验合格；

2 要求二次灌浆的基础二次灌浆已达到强度要求；

3 需热处理的球形储罐，已完成热处理，产品焊接试件经检验合格；

4 补强圈焊缝已用0.4MPa～0.5MPa的压缩空气做泄漏检查合格；

5 支柱找正和拉杆调整完毕。

10.1.3 进行耐压试验时，应在球形储罐顶部便于观察的位置安装2块量程相同并经校验合格的压力表。设计压力小于1.6MPa的球形储罐，耐压试验用压力表的精确度不应低于2.5级；设计压力大于或等于1.6MPa的球形储罐，耐压试验用压力表的精确度不应低于1.6级。压力表盘刻度极限值应为试验压力的1.5倍～3倍，压力表的直径不宜小于150mm。

10.1.4 耐压试验时，严禁碰撞和敲击球形储罐。

10.1.5 液压试验应符合下列规定：

1 液压试验介质应采用清洁水；

2 试验时，球壳温度应比球壳板无延性转变温度高30℃，并应符合设计图样的规定；

3 液压试验的试验压力，应按设计图样规定，且不应小于球形储罐设计压力的1.25倍。试验压力读数应以球形储罐顶部的

压力表为准；

4 液压试验应按下列步骤进行：

1)试验时球形储罐顶部应设排气口，充液时应将球形储罐内的空气排尽；

2)试验时，压力应缓慢上升，当压力升至试验压力的50%时，保压足够的时间，对球形储罐的所有焊缝和连接部位进行检查，确认无渗漏后继续升压；

3)压力升至设计压力时，保压足够的时间，对球形储罐的所有焊缝和连接部位进行检查，确认无渗漏后继续升压；

4)压力升至试验压力时，保压30min后降至设计压力进行检查，检查期间压力应保持不变；

5)液压试验完毕后，应将水排尽。排水时，不应就地排放。

5 液压试验以无渗漏，无可见变形，试验过程中无异常响声为合格。

10.1.6 气压试验应符合下列规定：

1 气压试验应采取安全措施，并应经单位技术负责人批准。试验时本单位安全部门应进行现场监督检查；气压试验时应设置两个或两个以上安全阀和紧急放空阀；

2 气压试验的试验压力应符合设计图样规定，且不应小于球形储罐设计压力的1.1倍；

3 气压试验用气体应为干燥洁净的空气、氮气或其他惰性气体；

4 试验时，球壳温度应当比球壳板无延性转变温度高30℃，并应符合设计图样的规定；

5 气压试验应按下列步骤进行：

1)试验时，压力应缓慢上升，当压力升至试验压力的10%时，保持足够的时间，对球形储罐的所有焊缝和连接部位进行检查，确认无渗漏后继续升压；

2)压力升至试验压力的50%时，应保持足够的时间，再次

进行检查，确认无渗漏后按规定试验压力的10%逐级升压；

3）压力升至试验压力时，保压10min后将压力降至设计压力进行检查；

4）卸压应缓慢进行。

6 气压试验过程中，球形储罐无异常响声、经过肥皂液或其他检漏液检查无漏气、无可见变形为合格；

7 气压试验时，应监测环境温度的变化和监视压力表读数，不得发生超压；

8 气压试验用的安全阀应符合下列规定：

1）安全阀应使用有制造许可证的单位生产的符合技术标准的产品；

2）安全阀应经校准合格；

3）安全阀的始启压力应定为试验压力加0.05MPa。

10.1.7 采用气液组合试验时，其充水重量和试验压力应符合设计图样规定，试验压力不应小于球形储罐设计压力的1.1倍。试验用水、气体应分别符合本规范第10.1.5条第1款和第10.1.6条第3款的规定。试验温度、试验的升降压要求、安全防护要求以及试验的合格标准，应符合本规范第10.1.6条的规定。

10.1.8 球形储罐在充水、放水过程中，应对基础的沉降进行观测，并应作实测记录；沉降观测及沉降量应符合下列规定：

1 沉降观测应在下列阶段进行：

1）充水前；

2）充水到球壳内直径的1/3时；

3）充水到球壳内直径的2/3时；

4）充满水时；

5）充满水24h后；

6）放水后。

2 每个支柱基础均应测定沉降量。各支柱上应按规定焊接

永久性的水平测定板；

3 支柱基础沉降应均匀。放水后，不均匀沉降量不应大于基础中心圆直径的1‰，相邻支柱基础沉降差不应大于2mm；

4 当不均匀沉降量大于本条第3款的规定时，应采取措施进行处理。

10.2 泄漏试验

10.2.1 除设计图样规定外，泄漏试验应采用气密性试验。气密性试验应在液压试验合格后进行。进行氨检漏试验、卤素检漏试验和氦检漏试验时，应符合设计图样的要求。

10.2.2 气密性试验介质应采用空气、氮气或其他惰性气体。

10.2.3 试验前应将球形储罐的安全附件安装齐全；试验用压力表应经过校准，并应符合本规范第10.1.3条的规定。

10.2.4 气密性试验的试验压力应符合设计图样规定。

10.2.5 气密性试验应按下列步骤进行：

1 压力升至试验压力的50%时，应保压足够时间，并应对球形储罐所有焊缝和连接部位进行检查，应在确认无泄漏后，再继续升压；

2 压力升至试验压力时，保压10min后应对所连接部位进行检查，应以无泄漏为合格。当有泄漏时，应在处理后重新进行气密性试验；

3 卸压应缓慢进行。

10.2.6 气密性试验时，应监测环境温度的变化和监视压力表读数，不得发生超压。

10.2.7 气压试验的球形储罐，气密性试验可与气压试验同时进行。

11 交工资料

11.0.1 球形储罐完工后，施工单位应将竣工图及其他技术资料交给建设单位。

11.0.2 球形储罐交工时，施工单位应至少提交下列技术资料，技术资料表格宜符合本规范附录C的规定或行业规范要求的格式：

1 球形储罐交工验收证书；

2 特种设备监督监检证书；

3 竣工图；

4 制造单位的产品质量证明书；

5 质量计划或检验计划；

6 球壳板、支柱到货检验报告；

7 球形储罐基础检验记录；

8 球形储罐组对检查记录；

9 焊缝及焊工布置图；

10 球形储罐焊接记录；

11 产品焊接试件试验报告；

12 焊接材料质量证明书及复验报告；

13 球形储罐焊后几何尺寸检查报告；

14 球形储罐支柱检查记录；

15 无损检测报告(附检测位置图)；

16 焊缝返修记录；

17 焊后整体热处理报告、测温点布置图及自动记录温度曲线；

18 耐压试验记录；

19 泄漏试验记录；

20 基础沉降观测记录；

21 设计变更通知单。

附录 A　低温球形储罐

A.1　一般规定

A.1.1　本附录适用于设计温度低于或等于－20℃的碳素钢和低合金钢制低温球形储罐的组装、焊接、检查。

A.1.2　本附录未作规定的内容，应符合本规范各有关章节的规定。

A.1.3　当球壳或其受压元件使用在“低温低应力工况”下，若其设计温度加 50℃后，高于－20℃时，可不必执行本附录的规定。

A.2　球壳板检查、验收与低温球形储罐的组装

A.2.1　厚度大于 20mm 的球壳板，应按本规范第 4.2.6 条对球壳板进行超声检测抽查，抽查数量不应少于球壳板总数的 40%，抽查应包括全部上、下极板和与支柱连接的赤道板，每带的抽查数量不应少于 2 块。

A.2.2　低温球形储罐组装时，不得采用锤击球壳板等强制手段进行整形或组装。

A.2.3　低温球形储罐组装时，不得在受压元件上刻划和敲打材料标记等导致产生缺口效应的痕迹。

A.3　焊　　接

A.3.1　焊接材料应符合下列规定：

　　1　低温球形储罐用焊接材料，应选用与母材性能相匹配的材料；

　　2　焊接材料的技术要求、试验方法及检验规则等，应符合国家现行标准的有关规定；

　　3　焊条应按批进行药皮含水量或熔敷金属扩散氢含量的复验，其检验方法应按相应的焊条技术标准或技术要求进行。

A.3.2 施焊前应按现行行业标准《钢制压力容器焊接工艺评定》JB 4708 的有关规定进行焊接工艺评定。焊缝金属和热影响区的低温夏比(V 型缺口)冲击试验的合格标准,应符合现行行业标准《钢制压力容器产品焊接试板的力学性能检验》JB 4744 的有关规定。

A.3.3 低温钢材的预热温度应按设计图样、焊接工艺评定执行,当设计图样无要求时可按表 A.3.3 执行。

表 A.3.3 低温钢材的预热温度(℃)

厚度(mm) \ 钢种	16MnDR	07MnNiMoVDR
20	—	75～100
25	—	75～100
32	75～125	75～100
38	100～150	100～125
50	100～150	100～150

A.3.4 低温球形储罐焊接时,应控制焊接线能量。在焊接作业指导书规定的范围内宜选用较小的焊接线能量,并宜采用多层多道施焊。

A.3.5 焊接区域内,包括对接接头和角接接头的表面,不得有裂纹、气孔和咬边等缺陷。焊缝表面不应有急剧的形状变化,应与母材呈圆滑过渡。

A.3.6 球形储罐表面的划痕、焊疤、弧坑等损伤、缺陷,均应进行修补,修补应符合本规范第 6.5.2 条的规定。

A.3.7 低温球形储罐焊接时,不得在受压元件上刻划和敲打焊工钢印等导致产生缺口效应的痕迹。

A.4 焊后整体热处理

A.4.1 球壳厚度大于或等于 16mm 的低温球形储罐应进行焊后整体热处理。

A.4.2 低温球形储罐的热处理温度,应符合设计图样要求。当

设计图样无要求时，可按表 A.4.2 的规定选用。

表 A.4.2 低温球形储罐的热处理温度

钢　　种	热处理温度（℃）
16MnDR	600±25
07MnNiMoVDR	565±20

A.5 产品焊接试件

A.5.1 试件的尺寸、试样的截取、检验项目、试验方法以及合格标准，应按本规范第 7 章的规定执行。

A.5.2 产品焊接试件应做焊缝金属及热影响区的低温夏比（V 型缺口）冲击试验，其冲击试验温度和合格指标应符合现行行业标准《钢制压力容器产品焊接试板的力学性能检验》JB 4744 对母材的规定。

A.6 焊缝检查及耐压试验

A.6.1 符合下列条件之一的对接焊缝，应做 100％射线或超声检测：

1 设计温度低于－40℃的低温球形储罐的对接焊缝；

2 低温球形储罐设计温度虽高于或等于－40℃，但球壳厚度大于 25mm 的对接焊缝；

3 符合本规范第 7.2.2 条中 100％射线或超声检测要求的对接焊缝；

4 设计图样有规定的对接焊缝。

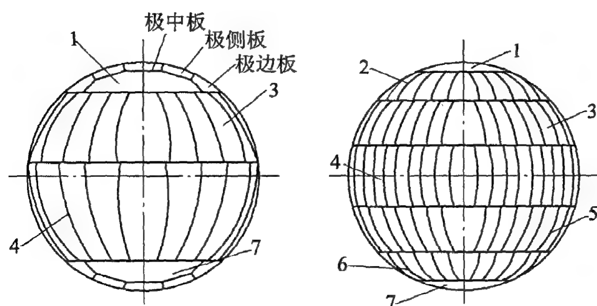
A.6.2 球壳对接焊缝的局部检测方法应按设计文件执行，检查长度不得少于各焊缝长度的 50％，局部检测部位应包括所有的焊缝交叉部位及每个焊工所施焊的部分部位。

A.6.3 低温球形储罐的所有焊接接头表面、工卡具焊迹及缺陷修磨、焊补处应进行磁粉或渗透检测。非受压件与球壳的连接焊缝亦应按本条要求检测。

A.6.4 低温球形储罐液压试验时的液体温度不应低于 0℃。

附录B 球形储罐各个部位名称及球壳各带、球壳板和焊缝编号

B.0.1 球壳各部位名称宜符合图B.0.1的规定。



图B.0.1 球壳各部位名称

1—上极；2—上寒带；3—上温带；4—赤道带；

5—下温带；6—下寒带；7—下极

B.0.2 球形储罐支柱各部位名称宜符合图B.0.2的规定。

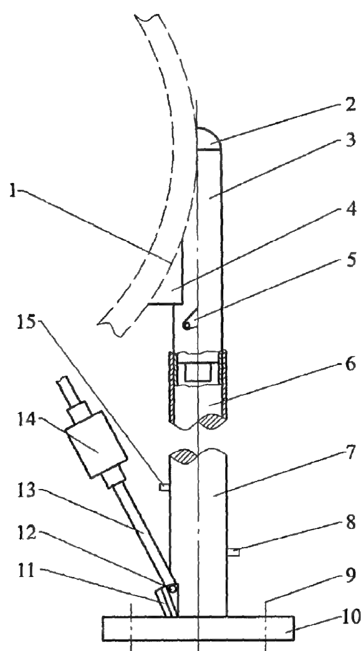


图 B.0.2 球形储罐支柱各部位名称

1—球壳板；2—盖板；3—上段支柱；

4—托板；5—上耳板；6—下段支柱；

7—防火层；8—接地板；9—地脚螺栓；

10—底板；11—下耳板；12—销子；

13—拉杆；14—松紧节；15—通气口

B.0.3 球形储罐人孔、接管各部位名称宜符合图 B.0.3 的规定。

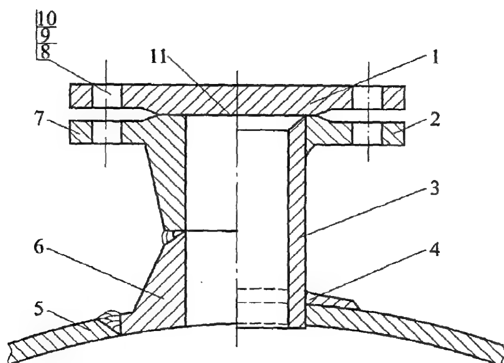


图 B.0.3　球形储罐人孔、接管各部位名称

1—法兰盖或人孔盖；2—平焊法兰；3—接管或人孔筒节；

4—补强圈；5—球壳；6—整体锻制凸缘；

7—对焊法兰；8—垫圈；9—螺母；10—螺栓；11—垫片

B.0.4　球壳各带、球壳板和焊缝编号宜符合表 B.0.4 的规定。

表 B.0.4　球壳各带、球壳板和焊缝编号

球壳结构图	球壳各带名称	球壳各带编号	球壳板编号	各带纵缝编号	各带环缝编号
	上极	F	F01 F02	F1×2 F2×3	DF1 DF2 ......
	上寒带	D	D01 D02	D1×2 D2×3	BD1 BD2 ......
	上温带	B	B01 B02	B1×2 B2×3	AB1 AB2 ......
	赤道带	A	A01 A02	A1×2 A2×3	AC1 AC2 ......
	下温带	C	C01 C02	C1×2 C2×3	CE1 CE2 ......
	下寒带	E	E01 E02	E1×2 E2×3	EG1 EG2 ......
	下极	G	G01 G02	G1×2 G2×3	

续表 B.0.4

球壳结构图	球壳各带名称	球壳各带编号	球壳板编号	各带纵缝编号	各带环缝编号
	上极	F	F01 F02 ……	F1×2 F2×3 ……	BF1 BF2 ……
	上温带	B	B01 B02 ……	B1×2 B2×3 ……	AB1 AB2 ……
	赤道带	A	A01 A02 ……	A1×2 A2×3 ……	AC1 AC2 ……
	下温带	C	C01 C02 ……	C1×2 C2×3 ……	CG1 CG2 ……
	下极	G	G01 G02 ……	G1×2 G2×3 ……	
	上极	F	F01 F02 ……	F1×2 F2×3 ……	BF1 BF2 ……
	上温带	B	B01 B02 ……	B1×2 B2×3 ……	AB1 AB2 ……
	赤道带	A	A01 A02 ……	A1×2 A2×3 ……	AG1 AG2 ……
	下极	G	G01 G02 ……	G1×2 G2×3 ……	
	上极	F	F01 F02 ……	F1×2 F2×3 ……	AF1 AF2 ……
	赤道带	A	A01 A02 ……	A1×2 A2×3 ……	AG1 AG2 ……
	下极	G	G01 G02 ……	G1×2 G2×3 ……	

附录C　交工资料表格

C.0.1　球形储罐交工验收证书宜符合表C.0.1的规定。

表C.0.1　球形储罐交工验收证书

<table>
<tr><td colspan="2">（项目名称）</td><td colspan="2">球形储罐交工验收证书</td><td colspan="2">单项工程名称：</td></tr>
<tr><td colspan="2">单位工程名称</td><td></td><td colspan="2">单位工程编号</td><td></td></tr>
<tr><td colspan="2">球形储罐名称</td><td></td><td colspan="2">设备位号</td><td></td></tr>
<tr><td colspan="2">球形储罐公称容积、内直径</td><td></td><td colspan="2">球壳材料</td><td></td></tr>
<tr><td colspan="2">球壳厚度</td><td></td><td colspan="2">盛装物料</td><td></td></tr>
<tr><td colspan="2">设计压力</td><td></td><td colspan="2">设计温度</td><td></td></tr>
<tr><td colspan="2">设计单位</td><td></td><td colspan="2">制造单位</td><td></td></tr>
<tr><td colspan="2">施工单位</td><td></td><td colspan="2">制造许可证号</td><td></td></tr>
<tr><td colspan="2">容器类别</td><td></td><td colspan="2">开/竣工日期</td><td></td></tr>
<tr><td colspan="6">验收意见：</td></tr>
<tr><td colspan="2">建 设 单 位</td><td colspan="2">监 理 单 位</td><td colspan="2">施 工 单 位</td></tr>
<tr><td colspan="2">代表：

年　月　日</td><td colspan="2">总监理工程师：

年　月　日</td><td colspan="2">质量检查员：
技术负责人：

年　月　日</td></tr>
</table>

C.0.2 球壳板、支柱到货检验报告宜符合表C.0.2的规定。

表C.0.2 球壳板、支柱到货检验报告

<table>
<tr><td colspan="2">（项目名称）</td><td colspan="3">球壳板、支柱到货检验报告</td><td colspan="4">单项工程名称：</td></tr>
<tr><td colspan="2">单位工程名称</td><td colspan="3"></td><td colspan="2">单位工程编号</td><td colspan="2"></td></tr>
<tr><td colspan="2">球形储罐名称</td><td colspan="3"></td><td colspan="2">设备位号</td><td colspan="2"></td></tr>
<tr><td colspan="2">球形储罐公称容积、内直径</td><td colspan="3">m^3，ϕ mm</td><td colspan="2">球壳板厚度</td><td colspan="2">mm</td></tr>
<tr><td colspan="2">球壳板总数</td><td colspan="3"></td><td colspan="2">支柱总数</td><td colspan="2"></td></tr>
<tr><td colspan="2">检查项目</td><td colspan="2">检查数量</td><td colspan="2">合格数量</td><td>合格率</td><td colspan="2">检查报告编号</td></tr>
<tr><td colspan="2">球壳板几何尺寸</td><td colspan="2">张</td><td colspan="2">张</td><td>%</td><td colspan="2"></td></tr>
<tr><td rowspan="7">支柱</td><td>编号</td><td>1</td><td>2</td><td>3</td><td>4</td><td>5</td><td>6</td><td>7</td></tr>
<tr><td>直线度偏差(mm)</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td>长度(mm)</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td>编号</td><td>8</td><td>9</td><td>10</td><td>11</td><td>12</td><td>13</td><td>14</td></tr>
<tr><td>直线度偏差(mm)</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td>长度(mm)</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td>检查报告编号</td><td colspan="7"></td></tr>
<tr><td colspan="2">无损检测项目</td><td colspan="2">检查数量</td><td colspan="3">检查结果</td><td>判定</td><td>检查报告编号</td></tr>
<tr><td colspan="2">球壳板周边超声检测</td><td colspan="2">张</td><td colspan="3"></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td colspan="2">球壳板全面积超声检测</td><td colspan="2">张</td><td colspan="3"></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td colspan="2">坡口渗透(磁粉)检测</td><td colspan="2">张</td><td colspan="3"></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td colspan="2">球壳板厚度测量</td><td colspan="2">张</td><td colspan="4">最小厚度 mm,最大厚度 mm</td><td></td></tr>
<tr><td colspan="2">检查意见</td><td colspan="7"></td></tr>
<tr><td colspan="4">监 理 单 位</td><td colspan="5">施 工 单 位</td></tr>
<tr><td colspan="4">监理工程师：

年 月 日</td><td colspan="5">质量检查员：
技术负责人：

年 月 日</td></tr>
</table>

C.0.3 球形储罐基础检查验收记录宜符合表 C.0.3 的规定。

表 C.0.3 球形储罐基础检查验收记录

(项目名称)		球形储罐基础验收记录						单项工程名称：			
单位工程名称						单位工程编号					
球形储罐名称		球形储罐公称容积、内直径		m^3，ϕ　　mm		设备位号					
基础方位及测量方位图	检查项目 / 允许值 / 基础编号	基础方位偏差(°)	基础标高偏差(mm)	基础水平度偏差(mm)	地脚螺栓中心与基础中心圆的距离 S_1(mm)		预留孔中心与基础中心圆的距离 S_2(mm)		相邻支柱基础中心间距 S(mm)	基础中心圆直径偏差(mm)	相邻支柱基础标高差(mm)
					内	外	内	外			
	允许值										

监理单位	接收单位	交出单位
监理工程师： 年　月　日	质量检查员： 技术负责人： 年　月　日	质量检查员： 技术负责人： 年　月　日

C.0.4 焊缝返修记录宜符合表C.0.4的规定。

表C.0.4 焊缝返修记录

<table>
<tr><td>（项目名称）</td><td>焊缝返修记录</td><td colspan="2">单项工程名称：</td></tr>
<tr><td>单位工程名称</td><td></td><td>单位工程编号</td><td></td></tr>
<tr><td>球形储罐名称</td><td></td><td>设备位号</td><td></td></tr>
<tr><td>球形储罐公称容积、内直径</td><td>m^3，ϕ mm</td><td>球壳板厚度</td><td>mm</td></tr>
</table>

序号	返修片位号	返修部位	缺陷性质	返修次数	返修焊接尺寸长×宽×深	返修日期	焊工钢印号	返修结果

<table>
<tr><td>监理单位</td><td>施工单位</td></tr>
<tr><td>监理工程师：

年 月 日</td><td>质量检查员：
技术负责人：

年 月 日</td></tr>
</table>

C.0.5 球形储罐焊后几何尺寸检查报告宜符合表C.0.5的规定。

表C.0.5 球形储罐焊后几何尺寸检查报告

<table>
<tr><td colspan="2">(项目名称)</td><td colspan="2">球形储罐焊后几何尺寸检查报告</td><td colspan="3">单项工程名称：</td></tr>
<tr><td colspan="2">单位工程名称</td><td colspan="2"></td><td colspan="2">单位工程编号</td><td></td></tr>
<tr><td colspan="2">球形储罐名称</td><td colspan="2"></td><td colspan="2">设备位号</td><td></td></tr>
<tr><td colspan="2">球形储罐公称容积、内直径</td><td colspan="2">m³，φ mm</td><td colspan="2">球壳板厚度</td><td>mm</td></tr>
<tr><td colspan="2" rowspan="2">检查项目</td><td colspan="5">检查结果</td></tr>
<tr><td>允许值(mm)</td><td>总测点数</td><td>合格点数</td><td>合格率(%)</td><td>实测最大偏差值(mm)</td></tr>
<tr><td rowspan="2">焊缝宽度偏差</td><td>内部焊缝</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td>外部焊缝</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td rowspan="2">焊缝余高偏差</td><td>内部焊缝</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td>外部焊缝</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td colspan="2">焊缝棱角</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td colspan="2">赤道截面最大内直径</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td colspan="2">赤道截面最小内直径</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td colspan="2">两极间实测内直径</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td colspan="2">最大内直径与最小内直径差值</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td colspan="2">最大内直径与设计内直径差值</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td colspan="2">最小内直径与设计内直径差值</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td colspan="7">结论：</td></tr>
<tr><td colspan="3">监理单位</td><td colspan="4">施工单位</td></tr>
<tr><td colspan="3">监理工程师：

年 月 日</td><td colspan="4">质量检查员：
技术负责人：

年 月 日</td></tr>
</table>

C.0.6 球形储罐支柱安装检查记录宜符合表C.0.6的规定。

表C.0.6 球形储罐支柱安装检查记录

（项目名称）			球形储罐支柱安装检查记录			单项工程名称：			
单位工程名称						单位工程编号			
球形储罐名称						设备位号			
球形储罐公称容积、内直径			m^3，ϕ　　mm			球壳板厚度			mm
支柱高度			支柱尺寸			支柱数量			
支柱编号	检查项目实际偏差值								
	允许偏差（mm）		支柱垂直度（mm）						备注
			径向			周向			
	径向	周向	a_1	a_2	a_1-a_2	a_1	a_2	a_1-a_2	
1									
2									
3									
4									
5									
6									
7									
8									
9									
10									
支柱方位图									
监理单位					施工单位				
监理工程师： 年　月　日					质量检查员： 技术负责人： 年　月　日				

C.0.7 焊缝射线、超声、磁粉及渗透检测报告宜分别符合表C.0.7-1～表C.0.7-4的规定。

表 C.0.7-1 焊缝射线检测报告

<table>
<tr><td colspan="2">(项目名称)</td><td colspan="3">射线检测报告</td><td colspan="3">单项工程名称：</td></tr>
<tr><td colspan="2">单位工程名称</td><td colspan="3"></td><td colspan="2">单位工程编号</td><td></td></tr>
<tr><td colspan="2">球形储罐名称</td><td colspan="3"></td><td colspan="2">设备位号</td><td></td></tr>
<tr><td colspan="2">球形储罐公称容积、内直径</td><td colspan="3">m³，φ mm</td><td colspan="2">球壳板厚度</td><td>mm</td></tr>
<tr><td>检测设备型号</td><td></td><td>焦距</td><td>mm</td><td>管电压</td><td>kV</td><td>管电流</td><td>mA</td></tr>
<tr><td>射线源种类</td><td></td><td>焦点尺寸</td><td></td><td>增感方式</td><td></td><td>活度</td><td>TBq</td></tr>
<tr><td>曝光时间</td><td></td><td>像质指数</td><td></td><td>胶片型号</td><td></td><td>冲洗方式</td><td></td></tr>
<tr><td>黑度范围</td><td></td><td>显影温度</td><td>℃</td><td>执行标准</td><td></td><td>合格级别</td><td></td></tr>
<tr><td colspan="8">焊缝总长度：　　　　m，检测比例：　　　　%，检测长度：　　　　m</td></tr>
<tr><td colspan="8">射线拍片共　　张，纵缝　　张，环缝　　张，其他部位　　张。
其中：　级片　　张，占总片数的　　%；
　　　　级片　　张，占总片数的　　%；
　　　　返工片　　张，占总片数的　　%，二次返工片　　张。
　　　　一次合格率　　%。</td></tr>
<tr><td colspan="8">说明：</td></tr>
<tr><td colspan="8">报告附件：
1.布片位置图；
2.射线检测评片记录。</td></tr>
<tr><td colspan="3">检测人：

年　月　日</td><td colspan="3">评片人：

年　月　日</td><td colspan="2">审核人：
检测单位(盖章)

年　月　日</td></tr>
</table>

表 C.0.7-2　焊缝超声波检测报告

<table>
<tr><td colspan="2">（项目名称）</td><td colspan="2">超声波检测报告</td><td colspan="2">单项工程名称：</td></tr>
<tr><td colspan="2">单位工程名称</td><td colspan="2"></td><td>单位工程编号</td><td></td></tr>
<tr><td colspan="2">球形储罐名称</td><td colspan="2"></td><td>设备位号</td><td></td></tr>
<tr><td colspan="2">球形储罐公称容积、内直径</td><td colspan="2">m^3，ϕ　　mm</td><td>球壳板厚度</td><td>mm</td></tr>
<tr><td>检测仪器型号</td><td></td><td>耦合剂</td><td></td><td>探头频率</td><td></td></tr>
<tr><td>探头直径</td><td>mm</td><td>探头 K 值</td><td></td><td>扫查方式</td><td></td></tr>
<tr><td>焊接方法</td><td></td><td>表面状态</td><td></td><td>坡口形式</td><td></td></tr>
<tr><td>执行标准</td><td></td><td>检测时机</td><td></td><td>合格级别</td><td></td></tr>
<tr><td colspan="6">焊缝总长度：　　　m，检测比例：　　　%，检测长度：　　　m</td></tr>
<tr><td colspan="6">缺陷记录：（附检测位置图，可加附页）</td></tr>
<tr><td colspan="6">评定结果：

附超声波检测评定记录。</td></tr>
<tr><td colspan="2">检测人：

年　月　日</td><td colspan="2">审核人：

年　月　日</td><td colspan="2">检测单位（盖章）

年　月　日</td></tr>
</table>

表 C.0.7-3 焊缝磁粉检测报告

<table>
<tr><td colspan="2">(项目名称)</td><td colspan="2">磁粉检测报告</td><td colspan="2">单项工程名称：</td></tr>
<tr><td colspan="2">单位工程名称</td><td colspan="2"></td><td>单位工程编号</td><td></td></tr>
<tr><td colspan="2">球形储罐名称</td><td colspan="2"></td><td>设备位号</td><td></td></tr>
<tr><td colspan="2">球形储罐公称容积、内直径</td><td colspan="2">m³，φ mm</td><td>球壳板厚度</td><td>mm</td></tr>
<tr><td>检测仪器型号</td><td></td><td>磁化方法</td><td></td><td>灵敏度</td><td></td></tr>
<tr><td>磁粉种类</td><td></td><td>载液</td><td></td><td>表面状态</td><td></td></tr>
<tr><td>执行标准</td><td></td><td>检测时机</td><td></td><td>合格级别</td><td></td></tr>
<tr><td colspan="6">焊缝总长度： m，检测比例： %，检测长度： m</td></tr>
<tr><td colspan="6">缺陷记录：(附检测位置图，可加附页)</td></tr>
<tr><td colspan="6">评定结果：

附磁粉检测评定记录。</td></tr>
<tr><td colspan="2">检测人：

年 月 日</td><td colspan="2">审核人：

年 月 日</td><td colspan="2">检测单位(盖章)

年 月 日</td></tr>
</table>

表 C.0.7-4 焊缝渗透检测报告

<table>
<tr><td colspan="2">(项目名称)</td><td colspan="2">渗透检测报告</td><td colspan="2">单项工程名称：</td></tr>
<tr><td colspan="2">单位工程名称</td><td></td><td>单位工程编号</td><td colspan="2"></td></tr>
<tr><td colspan="2">球形储罐名称</td><td></td><td>设备位号</td><td colspan="2"></td></tr>
<tr><td colspan="2">球形储罐公称容积、内直径</td><td>m^3，ϕ mm</td><td>球壳板厚度</td><td colspan="2">mm</td></tr>
<tr><td>渗透剂类型</td><td></td><td>清洗剂类型</td><td></td><td>显像剂类型</td><td></td></tr>
<tr><td>表面状态</td><td></td><td>执行标准</td><td></td><td>渗透时间</td><td>min</td></tr>
<tr><td>检测时机</td><td></td><td>灵敏度</td><td></td><td>合格级别</td><td></td></tr>
<tr><td colspan="6">焊缝总长度： m，检测比例： %，检测长度： m</td></tr>
<tr><td colspan="6">缺陷记录：(附检测位置图，可加附页)</td></tr>
<tr><td colspan="6">评定结果：

附渗透检测评定记录。</td></tr>
<tr><td colspan="2">检测人：

年 月 日</td><td colspan="2">审核人：

年 月 日</td><td colspan="2">检测单位(盖章)

年 月 日</td></tr>
</table>

C.0.8 焊后整体热处理报告宜符合表C.0.8的规定。

表C.0.8 焊后整体热处理报告

<table>
<tr><td>（项目名称）</td><td colspan="2">球形储罐焊后整体
热处理报告</td><td colspan="2">单项工程名称：</td></tr>
<tr><td>单位工程名称</td><td></td><td colspan="2">单位工程编号</td><td></td></tr>
<tr><td>球形储罐名称</td><td></td><td colspan="2">设备位号</td><td></td></tr>
<tr><td>球形储罐公称容积、内直径</td><td>m^3，ϕ mm</td><td colspan="2">球壳板厚度</td><td>mm</td></tr>
<tr><td>热处理温度
自动记录仪型号</td><td></td><td colspan="2">热处理温度
自动记录仪精度</td><td></td></tr>
<tr><td>热电偶型号</td><td></td><td colspan="2">热电偶精度</td><td></td></tr>
<tr><td>加热方式</td><td colspan="4"></td></tr>
<tr><td>产品试件放置位置</td><td></td><td colspan="2">热电偶总数</td><td></td></tr>
<tr><td>升温速度</td><td>℃/h</td><td colspan="2">恒温温度</td><td>℃</td></tr>
<tr><td>降温速度</td><td>℃/h</td><td colspan="2">恒温时间</td><td>h</td></tr>
<tr><td colspan="5">说明：</td></tr>
<tr><td colspan="5">报告附件：
1. 热处理温度自动记录曲线；
2. 热电偶分布图。</td></tr>
<tr><td colspan="2">监理单位</td><td colspan="3">施工单位</td></tr>
<tr><td colspan="2">监理工程师：

年 月 日</td><td colspan="3">质量检查员：
技术负责人：

年 月 日</td></tr>
</table>

C.0.9 耐压试验报告宜符合表C.0.9的规定。

表C.0.9 耐压试验报告

<table>
<tr><td colspan="3">（项目名称）</td><td colspan="3">球形储罐耐压试验报告</td><td colspan="6">单项工程名称：</td></tr>
<tr><td colspan="3">单位工程名称</td><td colspan="3"></td><td colspan="3">单位工程编号</td><td colspan="3"></td></tr>
<tr><td colspan="3">球形储罐名称</td><td colspan="3"></td><td colspan="3">设备位号</td><td colspan="3"></td></tr>
<tr><td colspan="3">球形储罐公称容积、内直径</td><td colspan="3">m^3，ϕ mm</td><td colspan="3">球壳板厚度</td><td colspan="3">mm</td></tr>
<tr><td colspan="3">设计压力</td><td colspan="3">MPa</td><td colspan="3">试验压力</td><td colspan="3">MPa</td></tr>
<tr><td colspan="3">试验介质</td><td colspan="3"></td><td colspan="3">介质温度</td><td colspan="3">℃</td></tr>
<tr><td colspan="6">□液压试验步骤</td><td colspan="6">□气压试验步骤</td></tr>
<tr><td colspan="6">1. 压力升至试验压力的50%，即 MPa，保持 min，对球形储罐所有焊缝和连接部位进行检查；
2. 压力升至设计压力，即 MPa，保持 min，对球形储罐所有焊缝和连接部位进行检查；
3. 压力升至试验压力，即 MPa，保持 min，将压力降至设计压力，即 MPa，对球形储罐所有焊缝和连接部位进行检查。</td><td colspan="6">1. 压力升至试验压力的10%，即 MPa，保持 min，对球形储罐所有焊缝和连接部位进行检查；
2. 压力升至设计压力的50%，即 MPa，保持 min，对球形储罐所有焊缝和连接部位进行检查；
3. 按试验压力的10%逐级升压；
4. 压力升至试验压力，即 MPa，保持 min后降至设计压力，即 MPa，对球形储罐所有焊缝和连接部位进行检查。</td></tr>
<tr><td colspan="12">试验结果：</td></tr>
<tr><td colspan="4">建设单位</td><td colspan="4">监理单位</td><td colspan="4">施工单位</td></tr>
<tr><td colspan="4">代表：

年 月 日</td><td colspan="4">监理工程师：

年 月 日</td><td colspan="4">质量检查员：
技术负责人：

年 月 日</td></tr>
</table>

C.0.10 气密性试验报告宜符合表 C.0.10 的规定。

表 C.0.10 气密性试验报告

（项目名称）	球形储罐气密性试验报告	单项工程名称：	
单位工程名称		单位工程编号	
球形储罐名称		设备位号	
球形储罐公称容积、内直径	m^3，ϕ mm	球壳板厚度	mm
设计压力	MPa	试验压力	MPa
试验介质		介质温度	℃

试验步骤：

1.压力升至试验压力的 50%，即 MPa，保持 min，对球形储罐所有焊缝和连接部位进行检查；

2.压力升至试验压力，即 MPa，保持 10min 后，对球形储罐所有焊缝和连接部位进行检查。

试验结果：

建设单位	监理单位	施工单位
代表： 年 月 日	监理工程师： 年 月 日	质量检查员： 技术负责人： 年 月 日

C.0.11 基础沉降观测记录宜符合表C.0.11的规定。

表C.0.11 基础沉降观测记录

（项目名称）		球形储罐基础沉降观测记录						单项工程名称：							
单位工程名称								单位工程编号							
球形储罐名称								设备位号							
球形储罐公称容积、内直径		m^3，φ　　mm						球壳板厚度							mm
观测阶段	观测时间	基础及观测点编号													
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
充水前															
充水到球壳内直径的1/3时															
充水到球壳内直径的2/3时															
充满水时															
充满水24h后															
放水后															
监测点平面示意图															

建设单位	监理单位	施工单位
代表： 年　月　日	监理工程师： 年　月　日	质量检查员： 技术负责人： 年　月　日

本规范用词说明

1 为便于在执行本规范条文时区别对待，对要求严格程度不同的用词说明如下：

1）表示很严格，非这样做不可的：

正面词采用“必须”，反面词采用“严禁”；

2）表示严格，在正常情况下均应这样做的：

正面词采用“应”，反面词采用“不应”或“不得”；

3）表示允许稍有选择，在条件许可时首先应这样做的：

正面词采用“宜”，反面词采用“不宜”；

4）表示有选择，在一定条件下可以这样做的，采用“可”。

2 条文中指明应按其他有关标准执行的写法为“应符合……的规定”或“应按……执行”。

引用标准名录

《钢制压力容器》GB 150

《钢制球形储罐》GB 12337

《熔敷金属中扩散氢测定方法》GB/T 3965

《氩》GB/T 4842

《碳钢焊条》GB/T 5117

《低合金钢焊条》GB/T 5118

《碳钢药芯焊丝》GB/T 10045

《焊接用二氧化碳》HG/T 2537

《焊接材料质量管理规程》JB/T 3223

《钢制压力容器焊接工艺评定》JB 4708

《压力容器涂敷与运输包装》JB/T 4711

《承压设备无损检测》JB/T 4730

《钢制压力容器产品焊接试板的力学性能检验》JB 4744

中华人民共和国国家标准

球形储罐施工规范

GB 50094-2010

条文说明

修订说明

《球形储罐施工规范》GB 50094—2010 经住房和城乡建设部 2010 年 8 月 18 日以第 740 号公告批准发布。

本规范是在《球形储罐施工及验收规范》GB 50094—98 的基础上修订而成。本次修订遵循以下几个原则：1998 版《球形储罐施工及验收规范》中行之有效的条款保持不变；规范与球形储罐施工技术的发展相适应，使其能更好地指导球形储罐，保证施工质量；同一性质问题，与现行国家、行业规范及法规保持一致。

标准修订前期，2007 年 8 月～9 月，中国石油天然气第一建设公司向《球形储罐施工及验收规范》GB 50094—98 原参编单位和有关单位发送了"《球形储罐施工及验收规范》GB 50094—98 标准复审意见表"，并对返回的意见逐条进行分析和整理，形成初步的修订意见。2008 年 5 月～10 月，中国石油天然气第一建设公司成立了编写小组，编制了修订大纲，向有关单位征求了修订意见，并根据球形储罐施工技术的发展、压力容器有关新标准的相关信息以及被征求意见单位的修订意见编写了修订初稿。2009 年 6 月，在主编单位内部审查的基础上，形成征求意见讨论稿，由石油工程建设专业标准化技术委员会施工分委会组织召开了征求意见稿研讨会。2009 年 8 月，按照征求意见讨论稿研讨会议的精神和要求，进一步修改完善，于 2009 年 9 月中旬完成了规范的征求意见稿，并在工程建设标准化信息网上发布征求意见。2009 年 12 月，将征求意见的结果作了汇总和分析，对规范进行了修改、完善，于 2010 年 3 月形成了送审稿，并召开了标准审查会。标准审查会上，与会专家对规范进行了逐条审查，代表一致同意该标准通过审查，并作为国家强制性标准上报住房和城乡建设部。2010 年 4

月，按照审查会的精神和要求，对送审稿结构内容进行了修改，对标准格式，文字语言等方面进一步完善，在5月完成报批稿。

上一版的主编单位是中国石油天然气第一建设公司、中国石油天然气总公司工程技术研究院，参加单位是中国石油天然气华北油建二公司、中国石油天然气第六建设公司、中国石油天然气第七建设公司、中国石油天然气四川设计院、中国石油化工总公司第二建设公司、中国石油化工总公司第三建设公司、中国石油化工总公司第四建设公司、中国石油化工总公司第十建设公司、中国石油化工总公司洛阳石化工程公司、化工部第六建设公司、中国纺织工业设计院、机械部合肥通用机械研究所、机械部兰州石油机械研究所、中国市政工程华北设计研究院、冶金部建筑研究总院焊接所，主要起草人员是纪伯伟、方高亮、张恩远、上官寻国、邱贤明、毛骞、张洪元、赵春城、尚海州、杨传章、朱志物、许烨烨、张有渝、王邦滇、陈勇尔、刘文秀、冯振友、吴俊毅、平宝林、钟其英、戈兆文、丁厚堃、林磊、徐立勋等。

本次修订的主要技术内容是：

1. 总则：修订了球形储罐施工及验收工作界面的划分，以及球形储罐施工单位资质及报验程序。

2. 零部件检查及验收：修订了验收时应检查的产品质量证明书的内容；修订了球壳板验收时几何尺寸测量部位的规定；对球形储罐支柱的验收允差项目进行了调整，并增加了上、下段支柱接口处的质量控制要求。

3. 现场组装：对各部位几何尺寸控制偏差进行了修订和调整；对于有热处理要求的球形储罐，增加了设置预埋地脚板的要求。

4. 焊接：取消了埋弧自动焊工艺的要求；修订了焊工资质的要求，增加了编制焊接工艺指导书的规定；修订了对焊接材料复验的要求及参数；增加了焊缝中断焊接重新施焊前应进行磁粉或渗透检测的要求；修正焊后几何尺寸控制参数及要求。

5. 无损检测：结合国家现行标准《固定式压力容器安全技术监

察规程》TSG R0004 和《承压设备无损检测》JB/T 4730，修订了检测比例、检测时机及判定标准。

6. 焊后整体热处理：修订热处理温度，热处理过程中升、降温控制点，热电偶布置原则、位置和数量的要求。

7. 耐压试验和泄漏试验：调整了耐压试验和泄漏试验步骤。

8. 对附录 C“交工验收表格”进行了修订。

本规范修订过程中，编制组进行了广泛、深入的调查研究，总结了我国球形储罐施工专业的实践经验，同时参考了国外先进技术法规、技术标准，通过试验取得了低温球形储罐和大型球形储罐以及高强钢制球形储罐施工过程控制的重要技术参数。

由于材质的特殊性，本次修订时未将不锈钢板制造的球形储罐和复合钢板制造的球形储罐纳入本规范，但其将会广泛用于石油、石化和化工行业，有待我们进一步研究后进行补充和完善。

为便于广大设计、制造、施工、监督检验和使用球形储罐的单位和有关人员在使用本标准时能正确理解和执行条文规定，《球形储罐施工规范》编制组按章、节、条顺序编制了本标准的条文说明，对条文规定的目的、依据以及执行中需注意的有关事项进行了说明，还着重对强制性条文的强制性理由作了解释。但是，本条文说明不具备与标准正文同等的法律效力，仅供使用者作为理解和把握标准规定的参考。

目　次

1 总　　则

1.0.1 本条是根据《工程建设标准编写规定》的要求编写的，阐明了制定本规范的目的。本规范涉及的内容均为现场组焊的技术要求。

1.0.2 本条规定了规范的适用范围为设计压力大于或等于0.1MPa且不大于4MPa、公称容积大于或等于50m³的橘瓣式或混合式以支柱支撑的碳素钢和低合金钢制焊接球形储罐。

目前国内使用的球形储罐设计压力大都在4MPa以下，对于设计压力4MPa以上的球形储罐目前还没有成熟经验，故对此进行了限制。

本规范不适用范围的规定主要是考虑受核辐射作用的球形储罐及非固定球形储罐，在选材、设计、安全措施等方面与常用球形储罐有较大差异；双层结构的球形储罐在设计、制造、施工等方面与单层结构差异较大；膨胀成形球形储罐目前应用不多，尚无成熟经验，对此作出规定，条件尚不成熟。

3 基本规定

3.0.1 本条界定了球形储罐施工及验收的范围。根据国家现行标准《固定式压力容器安全技术监察规程》TSG R0004—2009和《钢制压力容器》GB 150的规定，对本条作了修订。

3.0.3 本条为强制性条文，规定了对球形储罐施工单位的资质许可及质量管理体系的要求。本条是依据国家现行标准《固定式压力容器安全技术监察规程》TSG R0004—2009修订的，强调了资质管理，以杜绝无证单位进行球形储罐施工，保证球形储罐的可靠性和安全性。同时强调施工单位应按照国家现行标准《特种设备制造、安装、改造、维修质量保证体系基本要求》TSG Z0004—2007等法规建立质量管理体系，且有效运行。

3.0.4 按照《特种设备安全监察条例》的要求，对球形储罐现场组焊的告知、监检作了规定。该"条例"第十七条规定："特种设备安装、改造、维修的施工单位应当在施工前将拟进行的特种设备安装、改造、维修情况书面告知直辖市或者设区的市的特种设备安全监督管理部门，告知后即可施工。"同时，该"条例"第二十一条规定："锅炉、压力容器……的制造过程和锅炉、压力容器……的安装、改造、重大维修过程，必须经国务院特种设备安全监督管理部门核准的检验检测机构按照安全技术规范的要求进行监督检验；未经监督检验合格的不得出厂或者交付使用。"

3.0.5 本条规定了施工单位在向特种设备安全监督管理部门报验时提交的资料的最低要求。近年来，大多数球形储罐工程建设单位安排由第三方进行无损检测，此种情况下球形储罐组焊施工单位在报验时可不提交与无损检测相关的资料；作为第三方无损检测的施工单位也应按照规定向特种设备安全监督管理部门报验

和提交相关资料。

3.0.6 本条规定了按图施工和设计修改应征得原设计单位同意并取得设计修改文件的要求。

4 零部件的检查和验收

4.1 零部件质量证明书的检查

4.1.1 球壳板及其零部件的工厂制造与球形储罐的现场组焊是一个不连续的制造过程，且往往不是由一个单位完成。球壳板及其他主要受压元件和支柱、拉杆等零部件的质量合格是保证球形储罐整体质量的重要条件，因此，球形储罐施工单位在组装前对球形储罐零部件技术质量文件进行检查是十分必要的。

4.1.2 本条规定了球形储罐零部件质量证明文件应检查的内容：

1 制造竣工图样，应符合国家现行标准《固定式压力容器安全技术监察规程》TSG R0004—2009 和建设工程资料存档的要求。

2 压力容器产品合格证，应符合国家现行标准《固定式压力容器安全技术监察规程》TSG R0004—2009 附件 B 的要求。根据《固定式压力容器安全技术监察规程》TSG R0004—2009 的规定，在产品质量证明文件中增加了质量计划或检验计划、产品铭牌的拓印件或者复印件的内容。因球形储罐上段支柱、人孔、接管等零部件一般在制造厂完成与球壳板的组焊并对组焊件进行热处理，所以此次修订在产品质量证明文件中增加了“热处理报告及自动记录曲线”的内容。由于近几年球形储罐制造工艺的改进，球壳板热压成型工艺几乎已不再采用，所以此次修订在产品质量证明文件取消了“热压成型试板检验报告”的内容。

4.2 球壳板和试板的检查

4.2.3 本条规定了球壳板到现场后对厚度的抽查要求，明确规定厚度应符合图样要求。

4.2.4 原规范中规定的 $L_1/2$、$B_1/2$、$B_2/2$ 在现场验收时难以定位和检查，且所检查的指标对球壳板质量无明显影响，因此在此次修订时对图 4.2.4-2 中取消了原规范对 $L_1/2$、$B_1/2$、$B_2/2$ 检查的要求。

图 4.2.4-2 中各带球壳板的名称符合现行国家标准《钢制球形储罐型式与基本参数》GB/T 17261 的要求。

随着球形储罐的大型化发展和钢板制造技术的提高，球壳板的几何尺寸也趋于大型化，由此造成球壳板的刚性变小，且球形储罐施工现场无法提供标准胎具保证对球壳板弦长检查的准确性，修订本规范时编制组认为测量弧长也是合理的，故在该条中加“注”，对于刚性差的球壳板可用弧长检验代替弦长检验，其允许偏差仍应符合本规范表 4.2.4-2 中前 3 项的规定。

4.2.5 本条规定了用标准抗拉强度下限值大于或等于 540N/mm² 的钢材制造的球壳板的气割坡口表面无损检测抽查的数量，因为坡口表面质量在出厂前已经过检查，现场只进行抽查比较合理。

4.2.6 本条除对超声检测复查的要求和合格标准进一步明确外，还规定了“对球壳板有超声检测要求的还应进行超声检测抽查”的要求，这样做更具合理性。

4.2.8 本条提及的试板数量不包括焊接工艺评定试板，焊接工艺评定试板的数量和规格应由合同约定。

4.3 支柱的检查

4.3.1 因需热处理的球形储罐，支柱找正不能使用垫铁（以免影响热处理过程中的柱腿移动），所以为保证球形储罐组焊质量，对支柱的全长偏差提出明确要求是有必要的。

4.3.2 本条规定了球形储罐支柱与地板组焊后的垂直度允许偏差。

4.3.4 因为支柱接口处的最大最小直径差偏大，会造成现场组

对、焊接困难，因此规定了上、下段支柱接口处最大最小直径的允许偏差。允许偏差数据是依据现行国家标准《结构用无缝钢管》GB 8162—2008 第 4.5 条和《工业金属管道工程施工及验收规范》GB 50235—97 第 4.3.4 条的规定确定的。

4.4 组焊件的检查

4.4.1、4.4.2 现行国家标准《钢制球形储罐》GB 12337 规定分段支柱上段与赤道带的组焊以及人孔、接管与极板的组焊在制造厂进行，为使现场验收有章可循，在本节作了规定。

4.5 零部件的油漆、包装和运输检查

4.5.1 本条规定了坡口及其内外边缘表面 50mm 范围涂刷可焊性涂料，或涂敷易去除的保护膜的要求。

5 现场组装

5.1 基础检查验收

5.1.1 本条规定了基础各部位尺寸的允许偏差及球形储罐安装前基础混凝土应达到的强度。

1 本条沿用了现行国家标准《球形储罐施工及验收规范》GB 50094—98的检查项目和数据。

2 本条表5.1.1中规定采用预埋垫板固定的基础，其上表面（预埋钢板上表面）水平度允许偏差为2mm。此种固定形式是为需要焊后热处理的球形储罐而设，目的是在热处理时，使各支柱受力均匀，移动装置便于移动，因此控制预埋垫板的表面水平度允许偏差为2mm是必要的。

3 对基础标高的要求分别按采用地脚螺栓固定的基础和采用预埋垫板固定的基础进行规定，更有利于球形储罐安装的质量控制。

4 根据近年球形储罐施工的实际情况，为保证球形储罐安装质量以及支柱的受力，故将表5.1.1中"采用预埋垫板固定基础的垫板上表面标高允许偏差"由－6mm调整为－3mm。

5.1.2 本条规定了对有热处理要求的球形储罐应按设计规定的形式和厚度设置预埋垫板。且在热处理前临时设置的垫板标高难以控制，往往与基础接触不良，容易使支柱在热处理过程中和工作状态下受力不好，为了减少这方面的不良影响，修订时增加了本条的要求。

5.2 球形储罐组装

5.2.1 本条规定了组装时球壳板和焊缝编号的原则。随着球形

储罐向大型化发展，其结构形式均趋向于多带混合式。按照原规范对于混合结构球形储罐，上、下极带的边板和侧板间的焊缝编号应为 $F1*F2*F3*F5$，不便于现场操作和记录。这次标准修订，修订了上、下极带焊缝的编号规则。按新规则编号后，上、下极带板的编号和焊缝的编号如图 1 所示。

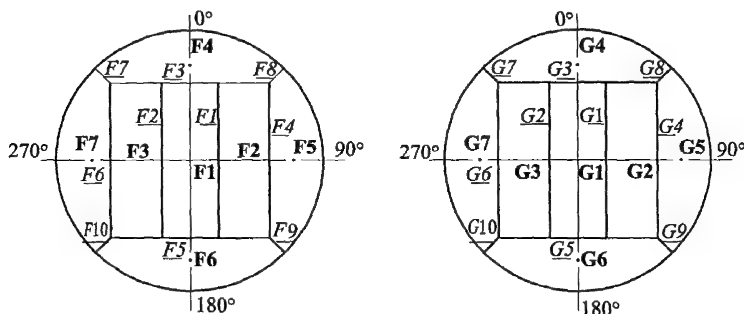


图 1　上、下极带板的编号和焊缝的编号

图 1 中，黑体字部分为板号，下划线斜体字部分为焊缝编号。

5.2.2　强力组装是造成附加应力过大，导致延迟裂纹的主要因素，因此明确规定不得采用机械方法进行强力组装。所谓强力组装是指在对口错边量、对口间隙、棱角超过标准的情况下用千斤顶、丝杠、倒链等机械方法强行组对。

严格来说，用工卡具组对也是外力组装。目前国内外球形储罐组装仍普遍采用工卡具，所以本规范在限制采用强力组装的同时，允许利用工卡具调整球壳板的对口偏差。球壳板的曲率、几何尺寸和坡口表面质量符合本规范的要求，是球形储罐组装质量达到标准的基本条件。即使使用了工夹具，所造成的内应力也不至于过大。

5.2.3　关于球壳板组对间隙、错边量和棱角的规定：

1　有单位反映手工焊组对间隙为零难以避免，且可以通过打磨消除根部缺陷，间隙小还可减少焊接工作量，为此将组对间隙改为 2mm±2mm。

2　药芯焊丝气体保护焊是近年来球形储罐焊接新技术，根据调研结果增加了药芯焊丝气体保护焊组对间隙。

3　球形储罐在组焊过程中产生的错边和棱角，在工作压力的作用下，由于趋圆效应，使罐壁产生附加应力或局部过载，是球形储罐的事故隐患，所以本规范对棱角提出了控制指标。

4　本规范对组对间隙、错边量、棱角的测量点数，作了统一规定，使记录数据具有可比性。

5.2.4　本条规定了球形储罐赤道带在组装时，球壳板赤道线水平误差的规定。本条规定的数据为过程控制数据，旨在控制组装过程中赤道带及上、下环口的组对间隙。

5.2.6　本条规定了球形储罐赤道带组装成形后赤道线水平误差的数据。现行国家标准《球形储罐施工及验收规范》GB 50094—98实施以来的统计数据表明，本条的规定是合理的，有利于保证整体球形储罐的安装质量。

5.2.7　本条规定了组装后球形储罐最大直径和最小直径的差值，是球形储罐质量的一个重要指标。随着球形储罐的大型化，此次修订分别规定了5000m^3以下的球形储罐和5000m^3及以上的球形储罐的允许值。

5.2.9　本条沿用了原规范的规定。

6 焊　　接

6.1 一般规定

6.1.1 本条为强制性条文，规定了焊工资格考试及持证上岗的要求。焊工的技能直接影响到球形储罐的焊接质量，进而影响球形储罐的使用安全性。根据国家现行标准《固定式压力容器安全技术监察规程》TSG R0004—2009 的要求，焊工应按现行《锅炉压力容器压力管道焊工考试与管理规则》考试合格，并取得“特种设备作业人员资格证”后在资格证有效期内从事合格项目范围内的焊接作业。

6.1.4 埋弧焊已很少在球形储罐现场组焊时使用，修订时删除了埋弧焊。

6.2 焊接工艺评定及焊接作业指导书

6.2.1 本条为强制性条文，对焊接工艺评定和焊接工艺评定报告作了规定。本条是根据国家现行标准《固定式压力容器安全技术监察规程》TSG R0004—2009 编写的，其第 4.2.1 条规定：压力容器产品施焊前，受压元件焊缝、与受压元件相焊的焊缝、熔入永久焊缝内的定位焊缝、受压元件母材表面堆焊与补焊，以及上述焊缝的返修焊缝都应当经焊接工艺评定合格或者具有经过评定合格的焊接工艺规程（WPS）支持。焊接质量在很大程度上决定了球形储罐的整体质量和使用安全性，而所焊焊缝通过焊接工艺评定合格或者具有经过评定合格的焊接工艺规程（WPS）支持对保证其质量是至关重要的。

6.2.2 本条为新增条款。是根据国家现行标准《固定式压力容器安全技术监察规程》TSG R0004—2009 和《钢制压力容器焊接规

程》JB 4709—2000 的有关规定编写的。

6.3 焊接材料的选用与现场管理

6.3.1 本条规定了焊接材料选用的依据，以及对焊接材料的基本要求。

焊缝扩散氢含量对焊接接头冷裂纹的产生有较大影响。目前，对一般用途的低碳钢及低合金钢用焊条的扩散氢含量在相应标准中已有规定。根据近年来焊接材料的发展情况，结合现行国家标准《碳钢焊条》GB/T 5117 和《低合金钢焊条》GB/T 5118 对焊条扩散氢含量的要求，本着方便使用的原则，按甘油置换法、气象色谱法和水银法等不同方法测定的数据对表 6.3.1 进行了修订。

6.3.2 为防止焊条在大气中的吸潮，规定施工中的焊条应存放在保温筒内，且时间不超过 4h。

烘干的低氢焊条在大气中的存放时间，原则上应严格控制，以免焊条重新吸湿。

修订时，为保证施工现场焊接材料的管理质量，增加了“焊材库房的设置和管理应符合现行行业标准《焊接材料质量管理规程》JB/T 3223 的有关规定”的内容；取消了原规范的表 4.3.2，焊条的烘干按 350℃～400℃或产品说明书要求的温度和恒温时间进行烘干。

6.4 焊接施工

6.4.2 本条规定了焊前预热和焊后后热的要求。根据近年来焊接试验数据和焊接施工经验，对 Q370R、07MnNiMoVDR 等材料的预热温度进行了修订。

后热可加速扩散氢的逸出，防止产生冷裂纹，本规范规定的后热温度为 200℃～250℃，后热时间为 0.5h～1.0h。有些单位的试验表明：当温度低于 200℃时，脱氢效果急剧下降，而高于 250℃

时，氢在钢中的扩散系数有所增加，除氢效果受到影响。而更高的温度易导致某些钢材的蓝脆，因此，200℃～250℃温度的后热消氢是适宜的。

6.4.3 定位焊的长度，原规范中要求不小于50mm，实际施工中，往往因有点焊部位的开裂，致使再次组对比较困难。为此，修订时将点焊长度改为不应小于80mm。

6.4.5 本条规定了焊接时，对焊接顺序、焊工布置或焊接位置的要求。采用焊条电弧焊时，焊工位置要求对称并同步焊接；采用药芯焊丝自动焊和半自动焊时，焊接位置的对称和同步焊接对保证焊接质量非常重要。

6.4.6 本条增加了对材料标准抗拉强度下限值大于或等于540N/mm^2的钢材采用碳弧气刨清根时应进行预热的要求。

6.4.9 本条规定了对焊工代号进行记录和在需要或有要求时还应在焊缝附近指定的部位打上焊工代号钢印的要求。国家现行标准《固定式压力容器安全技术监察规程》TSG R0004—2009 规定"应当在压力容器受压元件焊缝附近的指定部位打上焊工代号钢印，或者在焊接记录（含焊缝布置图）中记录焊工代号"。但球形储罐体积大，如只在焊缝附近的指定部位打上焊工代号钢印，不便于查看。

6.5 修　　补

6.5.1 对表面缺陷的具体修补办法由施工单位根据实际情况自行决定，但必须保证质量。

6.5.2 焊缝咬边和焊趾裂纹打磨后球壳板的实际厚度不得小于设计厚度的规定，但球形储罐焊缝不允许有咬边存在。

球壳板表面缺陷允许打磨修补，除掉缺陷后的钢板厚度不应小于设计厚度，以满足设计对球形储罐强度的要求。磨除深度应小于球壳板名义厚度的5%且不应超过2mm，是在设计采用余量较大时为防止过深打磨球壳板而规定。

6.5.3 对焊缝内部缺陷的修补，施工单位必须特别注意，为保证修补质量和留下修补见证应做到以下要求：

1 分析产生缺陷的原因，选用合适的焊接方法，并制定修补工艺。

2 焊接修补的部位、次数和检测结果应作记录。

6.6 球形储罐焊后尺寸检查

6.6.2 随着球形储罐向大型化的发展，原规范对球壳两极间及赤道截面内直径规定的允许偏差值对大型球形储罐已不适用。此次修订时，以 $5000m^3$ 球形储罐为界，分别对 $5000m^3$ 以下的球形储罐和 $5000m^3$ 及以上的球形储罐作出了规定。$10000m^3$ 以上球形储罐，国内目前尚未有工程实例，球壳两极间及赤道截面内直径控制偏差可按设计文件的要求。

6.6.3 为保证球形储罐焊后支柱垂直度能符合要求，对球形储罐焊后支柱的垂直度作出规定是合适的。

7 焊缝检查

7.1 一般规定

7.1.1 对原规范进行了修改，修改的内容如下：

1 将原规范第5.1.1条和第5.1.2条进行合并为外观质量要求；

2 增加了按疲劳分析设计的球形储罐将焊缝余高打磨至与母材表面平齐的要求。

7.1.2 在实际施工中，工卡具在焊接和拆除的过程中，很容易伤及球壳板表面造成缺陷，影响球形储罐的表面质量。因此，对该部位的表面质量提出要求是必要的。

对于焊缝和热影响区表面的缺陷，一般应在无损检测前修补。

7.1.3 为保证延迟裂纹不被漏检，本条规定了焊缝无损检测的时机。

7.1.4 本条是强制性条文，依据国家现行标准《固定式压力容器安全技术监察规程》TSG R0004—2009规定了对无损检测人员考核及取证的要求。球形储罐无损检测工作的专业性强，责任重大，直接涉及球形储罐的质量和球形储罐的安全、安全生产，以及人民生命财产的安全，而无损检测的质量在很大程度上是由负责和执行无损检测人员的专业技术能力所决定的，因此对无损检测人员的资格必须严格管理。

7.2 射线检测和超声检测

7.2.1 本条规定了射线检测和超声检测的执行标准，以及应采用的检测方法。

7.2.2 本条为强制性条文，规定了必须进行100%射线检测或超声检测的对接焊缝。本条依据国家现行标准《固定式压力容器安全技术监察规程》TSG R0004—2009第4.5.3.2.2条的规定，并结合球形储罐结构特点和施工的特点，保留了原规范第5.3.2.7

条、第5.3.2.8条、第5.3.2.9条3项要求。

7.2.3 本条规定了进行局部无损检测的球形储罐的检测方法和比例要求，并对局部检测应包括的部位作了规定。

7.2.4 本条规定了球形储罐对接焊缝需要复检的几种情况以及检测比例和部位。参照了国家现行标准《固定式压力容器安全技术监察规程》TSG R0004—2009的有关规定。

7.2.5 本条规定了球形储罐对接焊缝射线检测和超声检测的执行标准，并根据国家现行标准《固定式压力容器安全技术监察规程》TSG R0004—2009和《承压设备无损检测》JB/T 4730，对100%射线检测、超声检测和20%射线检测、超声检测的检测技术等级和合格级别进行了修订。

本次修订增加了采用衍射时差法超声波检测(TOFD)方法及其合格级别的规定。衍射时差法超声波检测(TOFD)标准正在制定中，正式颁布后应遵照执行。

7.2.6 本条规定了射线检测和超声检测发现超标缺陷修补后的复检要求，以及局部检测发现超标缺陷时的扩探要求。

7.2.7 对射线检测的布片和底片的编号提出了具体要求，以便操作和管理。

7.3 表面无损检测

7.3.1 本条规定了需进行表面无损检测的部位。本次修订增加了公称直径小于250mm接管对接焊缝外表面的检测要求并明确了宜优先采用磁粉检测的要求。

7.3.2 本条规定了球形储罐热处理后和耐压试验后的表面检测要求。

7.3.3 本条为新增条款，规定了标准抗拉强度下限值$R_m \geq 540N/mm^2$低合金钢制球形储罐应在热处理后和耐压试验后进行100%表面无损检测的要求。

7.3.6 本条规定了对表面检测发现的超标缺陷进行修补及复查的要求，以及对局部表面检测发现超标缺陷时的扩探要求。

8 焊后整体热处理

8.1 一般规定

8.1.1 本条为强制性条文。球形储罐焊后热处理的目的是改善其焊接接头的性能和消除焊接残余应力。球形储罐焊后是否要进行整体热处理，主要应由设计根据介质特性、使用温度、钢材性质、钢板厚度而确定，本条只是规定了必须进行焊后整体热处理的球形储罐。

8.1.2 热处理过程的意外事故往往给热处理造成困难和数据不合格，甚至造成热处理失败、前功尽弃，因此应作好防雨、防风、防火和防停电等准备措施。

对产品焊接试件放置位置的规定基于以下几方面的考虑：

1 可保证试件的受热过程与球壳本体基本一致，试件力学性能更能反映球形储罐热处理后的力学性能状况；

2 试件放置方便，便于测温；

3 产品焊接试件随球形储罐一起热处理，以避免其力学性能与代表产品的不真实性。

8.2 热处理工艺

8.2.1 关于热处理温度，国外规范如 ASME-VⅢ-1、BS 5500、JISZ 3700 等均规定了不同钢材焊后热处理温度。我国国家现行标准《钢制压力容器焊接规程》JB/T 4709 的规定与英、美、日本等国的规定在总体上是一致的。这次修订，参照有关标准和试验数据及球形储罐热处理经验对常用钢材热处理温度及其允许偏差范围进行了调整，所列钢号按现行国家标准《锅炉和压力容器用钢板》GB 713—2008 的规定。

对 Q345R、Q370R 等材料的热处理温度与现行国家标准《钢制球形储罐》GB 12337 及《钢制压力容器》GB 150 的规定不符。为便于现场施工的质量控制，修订时重新进行了规定。

8.2.2 本规范参照 ASME-VⅢ和国家现行标准《钢制压力容器焊接规程》JB/T 4709，以 $T/25$(h)（T 为球壳板对接焊缝的厚度）来计算最少保温时间，且不低于 1h，这样更能体现焊后热处理的意图，并与国家现行标准《钢制压力容器焊接规程》JB/T 4709 和国外标准一致。

8.2.3 考虑到现场安装焊接球形储罐，球壳厚、自重大、焊接后残余应力较高，为了确保热处理的有效进行，避免由于升降温速度不适当，导致热应力与残余应力叠加，所以热处理时的升降温速度比国外有关炉内热处理规范中规定的范围适当缩小。修订时，将原规范的第 6.2.3 条与第 6.2.5 条；并将任意两测温点的温差由原规定“不得大于 130℃”修订为“不得大于 120℃”；同时为与我国国家现行标准《钢制压力容器焊接规程》JB/T 4709 的规定相一致，以避免在规范执行过程中的争议，将控制升温速度的起始温度由 300℃修订为 400℃。

8.2.4 原规范修订时吸取国外规范的经验，结合国内实施热处理所能达到的实际水平，针对球形储罐的特殊性，将前规范《球形储罐施工及验收规范》GBJ 94—86 规定的升温速度 60℃/h～80℃/h 修订为 50℃/h～80℃/h，降温速度仍为 30℃/h～50℃/h。对有回火脆性倾向的钢种，降温速度应尽可能采用上限值。

关于控制升温和降温速度的温度起始线问题，有关资料中介绍在 300℃～400℃以下的加热或冷却速度对材料性能无有害影响。

与第 8.2.3 条相同的理由，这次修订时将控制降温速度的终止温度由 300℃修订为 400℃。

8.3 保温要求

8.3.1 保温层的铺设质量关系到焊后整体热处理的成败。球形

储罐截面不一，受热状态不同，保温材料厚薄亦应有差别，具体的厚度宜以正确的热工计算结果为依据。目前保温材料品种繁多，大多数均能取得满意的效果，但有的根本不宜采用。若对保温材料要求过高将增加施工费用，而要求过低又可能达不到保温效果而影响热处理质量，因此，本规范只作原则性要求，便于施工单位就地取材，择优选用。

8.3.5 保温层外表面的温度不宜大于60℃，是原规范的规定，多年来国内热处理的实际情况也基本与规定相符。

8.4 测温系统

8.4.1 参照国家现行相关标准的规定，结合近年来大型球形储罐现场组焊的施工特点，规定了热电偶布置的原则。对于小型球形储罐（2000m^3 以下），相邻两热电偶的间距不大于 4.5m 的要求，表 8.4.1 中热电偶数量基本能满足；但对于大型球形储罐要求的热电偶数量，表 8.4.1 的规定为最低要求，施工单位在满足热处理工艺要求的前提下，可根据热处理设备工况和测温点布置要求增加热电偶。

8.4.3 热处理用记录仪及热电偶的准确度等级及校验有效期应符合国家现行标准《热处理质量控制要求》JB/T 10175 的规定。

对于热处理自动记录曲线，有单位认为可以调用自动热处理设备中过程记录形成的数据代替长图记录仪所打印的曲线，修订时仍然认为作为交工技术文件应采用自动记录仪表所直接打印的曲线。

8.5 柱脚处理

8.5.2 为保证球形储罐支柱与球壳连接最低点的正常受力，不承受因柱腿不垂直而产生的额外应力，在热处理过程中要求支柱始终处于垂直状态。这次修订时，对原规范的条文进行了修改，要求热处理过程中应监测实际位移值及支柱垂直度，并及时调整支柱的垂直度，使支柱始终处于垂直状态。

9 产品焊接试件

9.1 产品焊接试件的制备要求

9.1.2 为与相关标准、规范的用词保持一致,这次修订将原规范"产品焊接试板"改为"产品焊接试件"。

9.1.5 对产品焊接试件应随球形储罐一起进行热处理,作出明确规定。

10 耐压试验和泄漏试验

10.1 耐压试验

10.1.1 本条是强制性条文，规定了球形储罐必须按照设计图样规定的方法进行耐压试验。耐压试验的主要目的在于检验球形储罐的整体强度，是对容器选材、设计计算、结构以及制造质量的综合性检查。球形储罐整体强度是否满足要求，直接影响到球形储罐能否正常运行和人民生命财产、国家财产安全以及环境污染问题。除了考核强度和致密性，耐压试验还可起到如下作用：

1 通过短时超过设计压力值的试验，可减缓某些局部区域的峰值应力，在一定程度上起到消除或降低应力，使应力分布趋于均匀的作用。

2 短时超压可以使裂纹产生闭合效应，钝化了裂纹尖端，使容器在正常工作压力下运行时更为安全。

10.1.3 按国家现行标准《压力容器安全技术监察规程》TSG R0004—2009 第 8.4.1 条的要求，对压力表的精确度等级、量程和安放位置进行了修订。

10.1.5、10.1.6 结合原规范实施中的经验总结，并结合国家现行标准《压力容器安全技术监察规程》TSG R0004—2009 的要求，修订了对试验温度的要求和试验步骤。

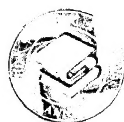
10.1.7 本条是新增条款，参照国家现行标准《压力容器安全技术监察规程》TSG R0004—2009 的要求规定了气液组合耐压试验时的相关要求。

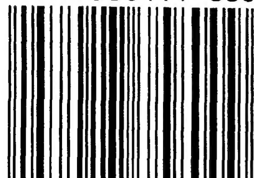
10.2 泄漏试验

10.2.3 本条规定了气密性试验前对安全附件和压力表的规定。

在原规范的基础上，结合国家现行标准《固定式压力容器安全技术监察规程》TSG R0004—2009的规定进行了修订。

10.2.5 本条是根据国家现行标准《固定式压力容器安全技术监察规程》TSG R0004—2009的规定修订的。





统一书号:1580177·580

定　　价:20.00元